

# spektrum

2002 - DAS JAHR DER GEOWISSENSCHAFTEN



# Editorial



Präsident der Universität Bayreuth  
Prof. Dr. Dr. h.c.  
Helmut Ruppert

Zur Förderung des Dialogs zwischen Wissenschaft und Öffentlichkeit hat das Bundesministerium für Bildung und Forschung gemeinsam mit dem Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft und den großen deutschen Forschungsorganisationen 1999 die Initiative „Wissenschaft im Dialog“ gestartet. Nach dem „Jahr der Physik“ und dem „Jahr der Lebenswissenschaften“ wurde das Jahr 2002 zum „Jahr der Geowissenschaften“ erklärt.

Den Geowissenschaften kommen dabei im Spannungsfeld zwischen einer immer intensiveren Nutzung unseres Planeten und seiner Ressourcen einerseits und dem Erhalt des Lebensraumes Erde sowie dem Schutz unserer Umwelt bei anhaltendem Wachstum der Weltbevölkerung andererseits eine besondere Bedeutung zu. Mit der Erdsystemforschung wird eine Wissenschaft ins Licht gerückt, die die Erde als Lebensraum versteht, den es auszuwogen zu schützen und zu nutzen gilt, damit zukünftige Generationen vernünftige Lebensbedingungen vorfinden. Modellhafte Vorhersagen und Zukunftskonzepte

für unseren Planeten lassen sich nur durch Forschung seiner Vergangenheit und genaue Analyse ablaufender Prozesse ableiten.

Die Geowissenschaften werden dabei als eine sowohl naturwissenschaftliche wie auch sozialwissenschaftliche Disziplin oft als „Brückenfach“ bezeichnet. Die grundlegenden Prozesse und die Wechselwirkungen des „System Erde“ können nur verstanden werden, wenn man die Einwirkungen des Menschen auf die natürlichen Gleichgewichte und Kreisläufe einbezieht. Deshalb müssen die Geowissenschaften auch oft in interdisziplinärer Zusammenarbeit mit anderen Wissenschaften Beiträge zu aktuellen gesellschaftsrelevanten und ökologischen Fragen leisten. Der Schutz vor Naturkatastrophen, die Sicherung und umweltverträgliche Gewinnung natürlicher Ressourcen sowie die Beurteilung der Klima- und Umweltentwicklung sind hier wichtige Beiträge.

Die Geowissenschaften bilden an der Universität Bayreuth ein Schwergewicht der Forschung und Lehre. Das Bayerische For-

schungsinstitut für Experimentelle Geochemie und Geophysik (Bayerisches Geoinstitut) ist eines der großen europäischen Forschungsinstitute im Bereich der experimentellen Geochemie und Geophysik. Disziplinen wie Bodenkunde, Hydrologie, Meteorologie, Geomorphologie, Biogeografie, Agrarökologie und Ökologische Modellbildung sind wesentliche Stützpfeiler der ökologischen Forschung an der Universität Bayreuth. Die anthropogeografischen Disziplinen befassen sich mit menschlichen Gruppen als Gestalter von Räumen. Sie beteiligen sich in Bayreuth insbesondere am Schwerpunkt Afrikaforschung oder liefern wesentliche Aussagen zur Regional- und Landesplanung. Die Universität Bayreuth wird im Laufe des Jahres 2002 eine Reihe von geowissenschaftlichen Veranstaltungen für die Öffentlichkeit anbieten. Dieses Heft mag einen kleinen Einblick in die Arbeit der Geowissenschaften geben.

*H. Ruppert*

## Titelbild



Die Erde aus der Satelliten-Perspektive - noch voller Geheimnisse, denen auch die Bayreuther Geowissenschaftler auf der Spur sind, wie dieses Heft zum Jahr der Geowissenschaften beispielhaft belegen will.

(Quelle: [http://nssdc.gsfc.nasa.gov/photo\\_gallery](http://nssdc.gsfc.nasa.gov/photo_gallery))

## Impressum

Herausgeber:  
Der Präsident der Universität Bayreuth

Redaktion: Pressestelle der Universität Bayreuth / Jürgen Abel, M.A. (verantwortlich)  
Anschrift: 95440 Bayreuth  
Telefon (09 21) 55-53 23/4  
Telefax (09 21) 55-53 25  
[pressestelle@uni-bayreuth.de](mailto:pressestelle@uni-bayreuth.de)  
<http://www.uni-bayreuth.de>

Graphische Gestaltung:  
Evi Remer/Bernd Schröder

Fotos:  
J. Abel und andere

Auflage: 4000 / dreimal jährlich  
Druck: Lorenz Ellwanger  
Maximilianstraße 58/60  
95444 Bayreuth  
Telefon (0921) 500-0

Kürzungen und Bearbeitung eingesandter Manuskripte behält sich die Redaktion vor.

Alle Beiträge sind bei Quellenangaben frei zur Veröffentlichung.  
Belegexemplare sind erwünscht.

# Inhalt

S. 19



## Jahr der Geowissenschaften

- Die frühe Geschichte der Erde 4
- Atmosphärenforschung am Waldstein 9
- African Development Studies in Geography 12
- Mobilität in Afrika 16
- Naturkatastrophen in Entwicklungsländern 19
- Ferner Nachbar Nordafrika 24
- Fünf Städte in fünf Ländern 31



S. 9

- Depositions- und Emissionsflüsse zwischen der Atmosphäre und der Erdoberfläche 34
- Kohlenstoffflüsse in Waldökosystemen des Fichtelgebirges 36
- Nebelforschung im Fichtelgebirge 37
- Ozon - Deposition zum Wald: Benötigen wir eine Neubewertung? 38
- Fichten als Filter anthropogener, organischer Spurenstoffe 41
- Aerosole aus Kläranlagen: ein Problem? 42
- Trockene und nasse Deposition von Bor in den neuseeländischen Alpen 43



## Campus

- Ideen muss man haben! 61
- Der Auftrag der Geisteswissenschaften 62
- Können, Wissen, Phantasie 64
- Herausforderung für Mathematik und Informatik 64
- Muslimischer Religionsunterricht - aber wie? 68
- Wenn einer eine Reise tut... 72

S. 41



S. 37

- Degradierung von Vegetation und Böden 45
- Wasser verbindet 50
- Reiner Quell? 54
- Böden als Quellen und Senken für CO<sub>2</sub> 56



S. 24



S. 45

## Personalia

- Vielfachnutzen durch Mehrfachnutzung 74
- Medizinmanagement für Gesundheitsökonomien 76
- Ähnlichkeitssuche in strukturierten Dokumenten 78



# Die frühe Gesch

David Rubie

Unser Sonnensystem ist vor ungefähr 4,6 Milliarden Jahren gebildet worden und allein dieses hohe Alter macht es zu einer großen wissenschaftlichen Herausforderung, die Details der frühen Entwicklungsgeschichte der Erde und der anderen Planeten zu rekonstruieren. Die Aufgabe wird zusätzlich erschwert, weil zumindest die Erde bis heute ein ruheloser Planet geblieben ist und viele Spuren der frühen Ereignisse verwischt wurden. Dennoch sind in den vergangenen etwa 20 Jahren große Fortschritte in unserem Verständnis der Prozesse gemacht worden, von der Bildung der gegenwärtigen Struktur der Erde bis hin zum Ursprung der Ozeane, der Atmosphäre und des Lebens. Dieser Fortschritt beruht auf multidisziplinären Beiträgen aus ganz verschiedenen Fachgebieten wie Astrophysik, Planetare Physik, Geophysik, Kosmochemie, Geochemie, Mineralogie und den Biowissenschaften. Zusätzliche wichtige Informationen kamen aus experimentellen Untersuchungen der physikalischen und chemischen Eigenschaften der irdischen und planetaren Materialien bei hohen Drücken und Temperaturen. Dies ist das zentrale Arbeitsgebiet der Wissenschaftler am Bayerischen Geoinstitut und wir wollen uns in diesem Artikel auf die experimentelle Beiträge für die Entzifferung der frühen Erdgeschichte beschränken.

Die Erde und die anderen Planeten des Sonnensystems bildeten sich vor 4,6 Milliarden Jahren aus dem sogenannten solaren Nebel, einer heißen, scheibenförmigen Wolke aus Gas und Staub. Während dieser Nebel abkühlte, kondensierten aus dem Gas weitere Festkörper in der Form von Oxiden und Silikat-Mineralen als kleine Staubbpartikel. Die Planeten bildeten sich durch einen allmählichen, sogenannten Akkretions-Prozeß, bei dem die Gravitationskräfte zum Zusammenstoß der ursprünglich kleinen

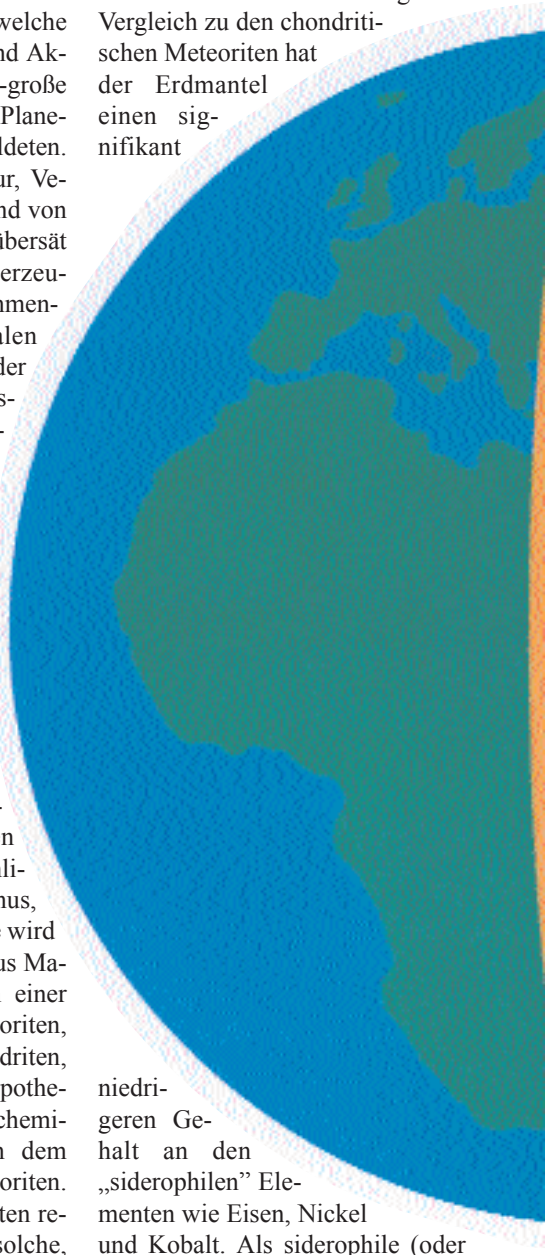
Partikel führten; dabei „klumpten“ sie zusammen und nahmen an Größe zu. Kleine Partikel wurden bevorzugt von größeren Körpern wegen deren größerer Gravitationskräfte angezogen. Schließlich entwickelten sich etwa Kilometer-große Fragmente, die als Planetesimale bezeichnet werden, welche durch weitere Kollisionen und Akkretion zunächst etwa Mond-große Körper und schließlich die Planeten des Sonnensystems bildeten. Die Oberflächen von Merkur, Venus, Mars und dem Mond sind von zum Teil riesigen Kratern übersät und dokumentieren so überzeugend die zahlreichen Zusammenstöße mit Planetesimalen während der späten Stadien der Akkretion. Auf der Erde müssen solche Krater auch existiert haben, aber sie sind seit langem durch Erosion, Sedimentation und andere Oberflächenprozesse zerstört worden.

Die chemische Zusammensetzung des solaren Nebels variierte mit dem Abstand zur Sonne: aus den sonnenfernen Teilen entstanden die gasreichen Planeten wie Saturn und Jupiter, aus den sonnennahen Teilen die gasarmen erdähnlichen Planeten Merkur, Venus, Erde, und Mars. Für die Erde wird angenommen, daß sie sich aus Material gebildet hat, das von einer speziellen Klasse von Meteoriten, den sogenannten C1 Chondriten, repräsentiert wird. Diese Hypothese stützt sich auf die große chemische Ähnlichkeit zwischen dem Erdmantel und diesen Meteoriten. Vor allem sind die sogenannten refraktären Elemente (also solche,

deren Oxide bei besonders hohen Temperaturen aus der Gaswolke kondensierten) wie Mg, Al und Ca im Erdmantel und den C1-Chondriten in ähnlichen Proportionen vertreten. Andererseits gibt es auch wichtige Unterschiede in der chemischen Zusammensetzung: Im Vergleich zu den chondritischen Meteoriten hat der Erdmantel einen signifikant

niedrigeren Gehalt an den „siderophilen“ Elementen wie Eisen, Nickel und Kobalt. Als siderophile (oder

Abb. 1: Innere Struktur der Erde mit den Untergliederungen in Erdmantel (bestehend aus Silikat-Mineralen), äußerer Kern (flüssiges Eisen) und innerer Kern (festes Eisen). Die Grenze zwischen Erdmantel und Erdkern liegt in einer Tiefe von ca. 2900 km unter der Erdoberfläche.



# Struktur der Erde

„metall-liebende“) Elemente bezeichnen wir solche, die bevorzugt in ein Metall anstelle eines Oxids oder Silikats fraktioniert werden. Hier paust sich in der chemischen Zusammensetzung des jetzigen Erdmantels der Kernbildungsprozeß durch:

oder nach der Akkretion aus dem Erdmantel extrahiert und bildeten den metallischen Erdkern.

Die heutige Struktur der Erde besteht aus einer dünnen (ca. 10 - 100 km dicken) Kruste aus Silikatmineralen, in der Tiefe (bis 2900 km) gefolgt von einem ebenfalls silikatischen Erdmantel mit anderer Zusammensetzung, anderem



Eisen und andere siderophile Elemente wurden während

Mineralbestand und höherer Dichte als die Erdkruste, und schließlich einem metallischen Kern (bis zum Erdmittelpunkt in 6300 km Tiefe), der vor allem aus Eisen und einigen wenigen Gewichts-Prozent Nickel besteht (Abbildung 1). Das Material, welches die Erde unmittelbar nach der Akkretion aufbaute, war wahrscheinlich chemisch homogen, wenigstens im Maßstab einiger Kilometer. Das heißt, daß zur Bildung der jetzigen Struktur der Erde eine massive Differentiation (Trennung von chemischen Komponenten) erforderlich war. Jüngste Ergebnisse mit Wolfram-Isotopen haben ergeben, daß der metallische Kern innerhalb der ersten 100 Mil-

lionen Jahre der Erdgeschichte gebildet wurde. Die ältesten Gesteine auf der Erdoberfläche sind etwa vier Milliarden Jahre alt, das heißt, zu diesem Zeitpunkt begann die kontinentale Kruste sich zu bilden. Im Vergleich zur Kernentstehung ist die Ausbildung sowohl kontinentaler als auch ozeanischer Kruste ein wesentlich langsamerer und kontinuierlicherer Prozess, der noch heute andauert.

Die Trennung von Metall und Silikat bei der Bildung des Erdkerns und Erdmantels ist der wichtigste und massivste Differentiationsprozeß in der Erdgeschichte. Um die Frühstadien der Erde und insbesondere ihre thermische Geschichte während dieser Zeit zu verstehen, benötigen wir exakte Information über den Separationsvorgang. Er kann nur abgelaufen sein, wenn die Erde zumindest teilweise aufgeschmolzen war, das heißt, daß die Temperatur deutlich höher war als heute. Eine Möglichkeit ist, daß flüssiges Metall sich von festen (kristallinen) Silikaten trennte, weil Eisen unter hohen Drücken bei niedrigeren Temperaturen schmilzt als Silikate. Diese Hypothese läßt sich durch Hochdruckexperimente testen: Flüssiges Eisen müßte die Silikate benetzen und ein durchgängiges Netzwerk zwischen den Körnern bilden. Nach unserer gegenwärtigen Kenntnis wäre ein solcher Prozeß nicht effizient genug, um eine vollständige Metall-Silikat-Trennung zu ermöglichen, und zumindest etwas metallische Phase würde in den Silikaten als isolierte Einschlüsse zurückbleiben. Eine alternative Hypothese ist, daß die Erde in den Frühstadien nicht nur teilweise, sondern weitgehend aufgeschmolzen war und selbst der Schmelzpunkt der Silikate überschritten war. Dadurch könnte sich flüssiges Metall von flüssigem Silikat getrennt haben - ein sehr rascher und effizienter Prozess. Solches Aufschmelzen im großen Stil könnte leicht während der Akkretion eingesetzt haben, da

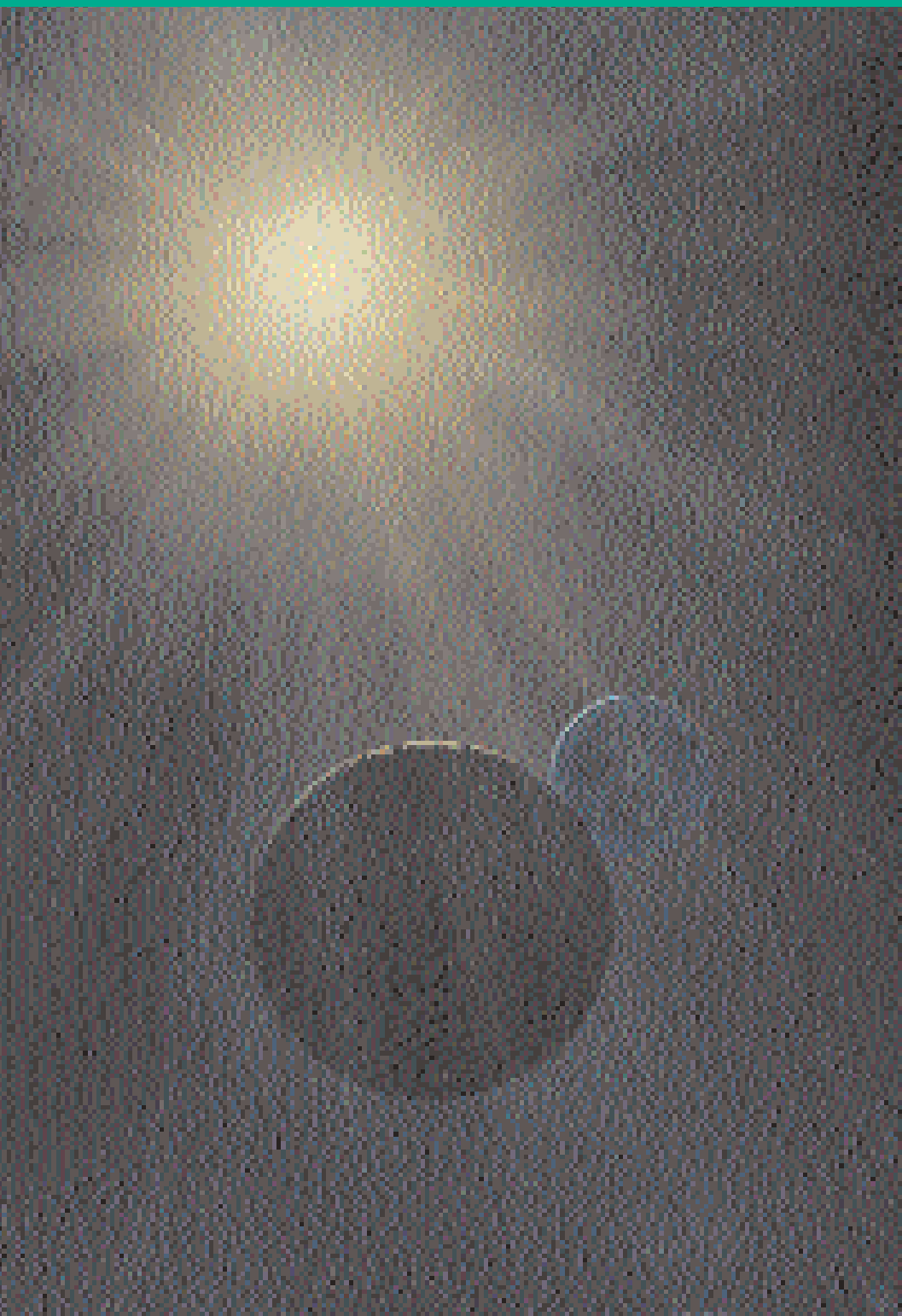


Abb. 2 a: Riesiger Impact während der Spätstadien der Erd-Akkretion. Ein Planet, ungefähr von der Größe des Mars soll mit der Erde (links) kollidiert sein.

die kinetische Energie der Impactkörper die nötige Wärmeenergie zum Aufschmelzen des Planeten geliefert hätte. Außerdem ist es aufgrund von Simulationsrechnungen statistisch wahrscheinlich, daß es während der letzten Akkretions-

stadien zu einer Kollision zwischen der Erde und einem Planeten etwa von der Größe des Mars kam. Ein solcher „Riesenimpact“ setzt eine enorme kinetische Energie frei, genug, um einen großen Teil der Erde aufzuschmelzen und ei-

nen „Magma-Ozean“ (eine Lage geschmolzenen Silikats) von mehreren Hundert Kilometern Tiefe zu bilden (Abbildung 2 a u. b)). Eine weitere Folge des Riesen-Impakts war nach dieser Hypothese die Bildung des Mondes aus dem Material, das während der Kollision aus der Erde ausgeworfen wurde.

Vor etwa 30 Jahren begannen die Geochemiker experimentell zu untersuchen, wie siderophile Elemente (Ga, Ge, P, W, Co, Ag, Ni, Mo, Re, Os, Ir, Pt, Au) sich zwischen Metall und Silikat verteilen, um die Prozesse bei der Bildung des Erdkerns zu verstehen. Die ersten Daten wurden bei Atmosphärendruck und Temperaturen typischerweise unter 1600 °C bestimmt, und sie führten zur Identifizierung eines größeren Problems: Es wurde beobachtet, daß siderophile Elemente so stark in die Metallphase fraktionieren, daß sie durch die Kernbildung weit vollständiger aus dem Erdmantel entfernt sein sollten als man tatsächlich beobachtet. In anderen Worten: Die Konzentration der siderophilen Elemente im heutigen Erdmantel ist zu hoch, als daß man sie mit dem Konzept des chemischen Gleichgewichts zwischen Metall und Silikat während der Kernbildung erklären könnte, zumindest auf der Basis der frühen Ergebnisse bei niedrigen Drücken. Vor allem die Konzentration der hochgradig siderophilen Elemente wie Re, Os, Ir, Pt und Au sind im Erdmantel um mehrere Größenordnungen zu hoch im Vergleich zu den Erwartungen aus diesen experimentellen Daten.

Es wurden eine Reihe von Modellen vorgeschlagen, um dieses Problem der „überschüssigen siderophilen Elemente“ zu lösen. Für die mäßig siderophilen Elemente wie Nickel und Kobalt funktioniert eines dieser Modelle recht gut, nämlich Gleichgewichtseinstellung zwischen Metall und Silikatschmelze bei hohen Drücken und Temperaturen. Experimentelle Daten zur Verteilung solcher Elemen-



te auf die Metall- und Silikatphase unter den Bedingungen des Erdinneren liegen jetzt (auch aus dem Bayerischen Geoinstitut - siehe Abbildung 3) bis in den Druck-Temperaturbereich 25 GPa (250 000 Atmosphären) und 2500°C vor. Dies sind die Bedingungen, die an der Basis eines etwa 700 km tiefen Magma-Ozeans zu erwarten wären. Die Daten zeigen, daß Ni und Co mit zunehmendem Druck mehr und mehr in die Silikatschmelze eingebaut werden, auch weil sich die Struktur der Silikatschmelze unter Druck ändert. Bei etwa 28 GPa und 2600°C sind die Verteilungskoeffizienten beider Elemente zwischen Metall und Silikatschmelze gerade so, daß sie die Konzentrationen erklären, die im Erdmantel angetroffen werden. Damit läßt sich argumentieren, daß die Gleichgewichtseinstellung zwischen Metall und Silikatschmelze auf dem Boden eines etwa 700 km tiefen Magma-Ozeans stattfand und so die jetzt beobachteten Konzentrationen von Ni und Co im Erdmantel erzeugte. Es sind allerdings verschiedene Szenarien im Detail möglich: entsprechend einem Modell sank das Metall nach dem Riesenimpakt und der Aufschmelzung rasch im Magmaocean ab und sammelte sich in einer Lage an dessen Basis. Heftige Konvektion im darüberliegenden Magmaocean soll dann zu einer Gleichgewichtseinstellung zwischen Metall und Silikat geführt haben. Es wird angenommen, daß die Metall-Lage schließlich durch ihre hohe Dichte mechanisch instabil wurde und durch den (festen) unteren Erdmantel hindurch in Form von großen „Tropfen“ oder Diapiren absank und den Erdkern bildete. In einem alternativen Modell wird Gleichgewichtseinstellung dadurch erreicht, daß fein verteilte flüssige Metalltröpfchen während ihres Absinkens kurz nach der Bildung des Magmaozeans mit der Silikatschmelze äquilibrieren. In diesem Fall entspräche der scheinbare



Abb. 2 b: Die Energie der Kollision war so hoch, daß ein größerer Teil der Erde aufschmolz und so einen „Magma-Ocean“ von mehreren 100 km Tiefe schuf. Gemälde von William K. Hartman (<http://www.psi.edu/hartmann/painting.html>).

Gleichgewichtsdruck von 28 GPa einem Mittelwert und die Tiefe des Magmaozeans könnte wesentlich größer als 700 km gewesen sein. Offensichtlich spielt in allen Hypothesen die Frage der Gleichge-

wichtseinstellung eine wesentliche Rolle. Die Mechanismen der Äquilibrierung zwischen Metall und Silikat können weiter eingegrenzt werden, indem wir die Zeitskalen betrachten und die damit verknüpf-

ten dynamischen Prozesse. Zum Beispiel suchen wir Antworten auf Fragen wie: Wie schnell diffundieren siderophile Elemente durch metallische oder silikatische Schmelzen, um die Einstellung von Gleichgewicht zu ermöglichen? Was sind die Konvektionsgeschwindigkeiten in einem Magma-Ozean und wie lange dauert es, bis dieser Ozean abkühlt und kristallisiert? Wie groß sind absinkende Metall-Tröpfchen in einem Mag-

maocean und was ist ihre Sinkgeschwindigkeit in einem so turbulenten Medium? Solche Fragen können im Prinzip mit den Konzepten der Fluid-Dynamik beantwortet werden, jedoch ist die Kenntnis einer Reihe von physikalischen und chemischen Eigenschaften von silikatischen und metallischen Schmelzen bis in den Druckbereich von ca. 25 GPa und 2600 °C erforderlich. Solche Bestimmungen werden am Bayerischen Geoinstitut durchgeführt (Abbildung 3) und wurden in den vergangenen Jahren wesentlich durch das DFG-Schwerpunktprogramm „Bildung, Transport und Differenzierung von Silikatschmelzen“ gefördert. Zusätzlich

zur Ermittlung von Element-Verteilungskoeffizienten zwischen flüssigem Metall und den Mantelmineralen bzw. Silikatschmelzen bestimmen wir die Viskosität und die chemischen Transporteigenschaften von silikatischen und metallischen Schmelzen, die rheologischen Eigenschaften von teilweise geschmolzenen Materialien und die Diffusion von Elementen in Mantelmineralen bei hohen Drücken. Experimentelle Untersuchungen zur Löslichkeit von Silizium und Sauerstoff in flüssigem Eisen bei hohen Drücken lassen Aussagen über die jetzige Zusammensetzung des Erdkerns zu, von dem man weiß, daß er bis zu 10 Gewichts-Prozent leichter Elemente enthält. Mit der Vielstempel („multianvil“) - Technologie ließ sich der Meßbereich für viele Eigenschaften dramatisch erweitern: wir können die Viskosität von Silikatschmelzen und die Diffusionsgeschwindigkeiten von Si, O, Ni und Co jetzt bis zu 17 GPa und 2400°C bestimmen - früher lag die Grenze bei 2 GPa. Unter den Bedingungen des Magmaozeans ist die Viskosität einer Silikatschmelze entsprechender Zusammensetzung nur etwa zehn mal so hoch wie die von Wasser bei 25°C. Eine so niedrige Viskosität bedeutet, daß ein 700 km tiefer Magmaocean in einem Zustand heftiger und turbulenter Konvektion gewesen sein muß, mit Strömungsgeschwindigkeiten um 4 Meter pro Sekunde. Die Konvektionsdynamik des Magmaozeans ist daher am ehesten mit der der Erdatmosphäre zu vergleichen. Wegen der raschen Konvektion verliert ein solcher Magmaocean rasch seinen Wärmeinhalt, und er wird etwa 100 bis 200 Jahre nach seiner Bildung anfangen zu kristallisieren. Aus den Daten der chemischen Diffusion bei hohen Drücken in Materialien wie flüssiges Eisen, flüssiges Silikat, kristalline Silikate lassen sich charakteristische Zeiten abschätzen, die zur Äquilibration erforderlich sind. Da der Magmaocean rasch kristallisierte und das flüssige Metall schnell durch die kristallinen Silikate perkolierte, gibt es nur einen plausiblen Mechanismus der Äquilibration, nämlich Reaktion zwischen absinkenden Metall-Tröpfchen und Silikatschmelze im Magmaocean. Fluiddynamische Abschätzungen ergeben, daß der Durchmesser solcher Metalltröpfchen etwa 1 cm gewesen sein sollte und die Sinkgeschwindigkeit etwa 0,5 Meter pro Sekunde betrug. Die Abschätzung der Kinetik der Gleichgewichtseinstellung zeigt, daß die gegenwärtigen Konzentrationen von Ni und Co im Erdmantel durch solche Reaktionen in einem Magmaocean erklärt werden können, der wahrscheinlich wesentlich mehr als 700 km tief war. Für die frühe Entwicklungsgeschichte der Erde sind die Tiefe des Magmaozeans und die Zeitskala seiner Erstarrung entscheidende Größen, und wir werden daher versuchen, sie durch weitere experimentelle Untersuchungen zum Verhalten der Erdmaterie unter extremen Drücken und Temperaturen näher zu charakterisieren. □



Abb. 3: Vielstempel („multianvil“) - Hochdrucklabor im Bayerischen Geoinstitut. Die drei großen Pressen (1200, 1000, und 5000 to) werden dazu verwendet, Druck-Temperaturbedingungen zu erzeugen, wie sie in der Erde in Tiefen von mehr als 700 km auftreten. Mit solchen Experimenten lassen sich die chemischen und physikalischen Prozesse untersuchen, die während der frühen Geschichte unseres Planeten abliefen.

chungen zur Löslichkeit von Silizium und Sauerstoff in flüssigem Eisen bei hohen Drücken lassen Aussagen über die jetzige Zusammensetzung des Erdkerns zu, von dem man weiß, daß er bis zu 10 Gewichts-Prozent leichter Elemente enthält. Mit der Vielstempel („multianvil“) - Technologie ließ sich der Meßbereich für viele Eigenschaften dramatisch erweitern: wir können die Viskosität von Silikatschmelzen und die Diffusionsgeschwindigkeiten von Si, O, Ni und Co jetzt bis zu 17 GPa und 2400°C bestimmen - früher lag die Grenze bei 2 GPa. Unter den Bedingungen des Magmaozeans ist die Viskosität einer Silikatschmelze entsprechender Zusammensetzung nur et-



# Atmosphärenforschung am Waldstein

Monika Brauer

*Vom persönlichen Arbeitsplatz bis zum globalen Klima: Luft bestimmt unser Leben in jeder Hinsicht. Um sie zu schützen werden die unterschiedlichsten Regelungen getroffen. Diese Vorgaben stützen sich natürlich auf wissenschaftliche Kenntnisse. Unser Wissen über die Entstehung, Zusammensetzung und Chemie der umweltrelevanten Verbindungen in der Luft ist aber immer noch lückenhaft.*

Auf den Versuchsflächen des Bayreuther Institutes für Terrestrische Ökosystemforschung (BITÖK) am Waldstein im Fichtelgebirge sind Forschergruppen aus Deutschland und Österreich nun dabei, mehr Klarheit in das Dunkel der atmosphärischen Vorgänge zu bringen.

Es geht um flüchtige reaktive Kohlenwasserstoffe, die von Pflanzen synthetisiert werden. In der Fachwelt werden sie biogene VOCs genannt. „VOC“ ist die Abkürzung für „volatile organic compound“. Jeder, der einmal im Hochsommer in einem Nadelwald spazieren gegangen ist oder im warmen Zimmer den Tannenbaum aufgestellt hat, kennt VOCs: Der typische Fichten- oder Tannennadelgeruch ist nichts anderes als eine charakteristische Mischung dieser Verbindungen.

Aber was hat Fichtennadelduft mit der Belastung der Atmosphäre zu tun? VOCs sind wichtige Vorläufersubstanzen von Radikalverbindungen. Diese Verbindungen bestimmen die Konzentration und

Verteilung umweltrelevanter Spurengase und tragen zur Bildung von Photooxidantien wie zum Beispiel Ozon bei. Sie sind darüber hinaus an der Bildung winziger Partikel in der Atmosphäre beteiligt, die sich auf den Strahlungshaushalt der Erde und damit auf das Klima auswirken.

Im Mittelpunkt des Interesses standen bis vor einigen Jahren VOCs, die durch Verkehr, Lösungsmittelverbrauch und andere menschliche Aktivitäten entstanden. Global gesehen machen diese anthropogenen Emissionen zwar nur etwa 10 Prozent aller in die Atmosphäre abgegebenen VOC-Verbindungen aus. Das Verhältnis zwischen den verschiedenen Quellen kann sich aber je nach Region und Jahreszeit radikal ändern.

So sind in Deutschland und anderen industrialisierten Gebieten im Jahresdurchschnitt die anthropogenen Emissionen höher als die biogenen Emissionen. Bei Hochdruckwetter im Sommer können die biogenen VOC-Emissionen aber auch hier doppelt so hoch sein wie die anthropogenen. Gerade während dieser Zeit steigen regelmäßig die bodennahen Ozonkonzentrationen. Tatsächlich sind die biogenen VOCs meistens reaktiver und besitzen ein höheres Ozon-Bildungspotential als anthropogene VOCs.

Nun können effiziente und zielgerichtete umweltpolitische Maßnahmen zur Vermeidung von schädlichen Photosmogperioden nur definiert und durchgesetzt werden,

wenn der Beitrag der anthropogenen beziehungsweise biogenen VOC-Emissionen in hoher räumlicher und zeitlicher Auflösung bekannt ist. Besonders große Defizite gibt es hier bezüglich der Art, Synthese, Menge, Transport und Chemie der flüchtigen Verbindungen in Pflanzen und umgebender Atmosphäre.

Dies liegt vor allen Dingen daran, dass die Synthese der VOCs in den Pflanzen sehr komplex ist und von der jeweiligen Pflanzenart, dem Klima und anderen Faktoren abhängt. Darüber hinaus reagieren viele biogene VOCs bereits im Pflanzenbestand und bilden neue Gase und Partikel, die zum Teil durch die Pflanzen wieder aufgenommen werden. Die Emissionen, die aus einem Waldbestand in die Atmosphäre gelangen, sind deshalb nicht mit Menge und Art der



*Das Herzstück der Freilandforschung am Waldstein ist der 30 Meter hohe Messturm. Er macht es möglich, die Geheimnisse im und über dem Wald zu lüften.*

oben: Dr. Rainer Steinbrecher vom Fraunhofer Institut für Atmosphärische Umweltforschung in Garmisch-Partenkirchen (rechts) und Dr. Otto Klemm vom BITÖK überprüfen die Messungen in zwölf Metern Höhe (Foto: Brauer).  
unten: Wie gut ist die eingesetzte Technik? Das Qualitätsmobil bringt Spannung schon vor den eigentlichen Messungen.

www.bitook.uni-bayreuth.de/KLI/  
BEWA2000/

primären Emissionen der Pflanzen identisch.

All die offenen Fragen kann eine Arbeitsgruppe alleine nicht beantworten. Deshalb haben sich Atmosphärenforscher, Botaniker und Chemiker der Universitäten Darmstadt, Freiburg, Innsbruck, Tübingen, Wuppertal, der Freien Universität Berlin, des Bayreuther Instituts für Terrestrische Ökosystemforschung (BITÖK), des Fraunhofer Instituts für Atmosphärenforschung aus Garmisch-Partenkirchen (IFU), des Max-Planck-Institutes für Chemie in Mainz, des Max-Planck-Institutes für Biogeochemie in Jena und des Leipziger Instituts für Troposphärenforschung zusammengetan. Ihr Thema „Regionale biogene Emissionen reaktiver flüchtiger Verbindungen aus Waldbeständen: Prozessstudien, Modellierung und Validierung“ (BEWA 2000) ist eines von 40 Verbundforschungsvorhaben der „Atmosphärenforschung 2000“ (AFO 2000), die das Bundesministerium für Bildung und Forschung in den Jahren 2001 bis 2004 fördert. Gesamtkoordinator von BEWA 2000 ist Dr. Rainer Steinbrecher vom IFU, Dr. Otto Klemm vom BITÖK koordiniert von Seiten der Uni Bayreuth die Freilandexperimente.

Warum werden gerade Wälder untersucht? Wäldern kommt in der Diskussion um den Klimaschutz eine besondere Bedeutung zu, denn Bäume sind Kohlendioxidspeicher und wirken so dem Treibhauseffekt entgegen. Einige der wichtigsten Waldbäume Europas geben aber auch große Mengen an VOCs ab. Eichen zum Beispiel emittieren ein Prozent des während der Photosynthese gebundenen Kohlendioxids als Isopren. Fichten emittieren zwar nur 0,1 Prozent des fixierten Kohlenstoffs als VOCs. Typisch für sie sind aber Monoterpene. Diese Verbindungen haben im Gegensatz zu Isopren eine sehr starke Tendenz zur Partikelbildung. Partikel beeinflussen unser Klima



zum Beispiel direkt durch Streuung und Reflektion der einfallenden Strahlung. Zum anderen haben sie einen Einfluss auf die Größenverteilung der Wassertropfen in Wolken und damit auf deren optische Eigenschaften. Eine helle Wolke aus vielen kleinen Tröpfchen reflektiert mehr Strahlung als eine dunkle Wolke aus großen Wassertropfen. Je mehr Strahlung reflektiert wird, desto weniger wird die Atmosphäre aufgeheizt.

Typischerweise sind am Waldstein im Sommer ungefähr vier Millionen Partikel in einem Liter Luft. Sie sind ganz unterschiedlich zusammengesetzt und zwischen drei Nanometern und 30 Mikrometern groß. Das sind Größenunterschiede wie zwischen einem Sandkorn und

einem Heißluftballon. Je nach Größe und chemischer Zusammensetzung unterscheiden sich Wechselwirkungen, Lebenszeit und Deposition der Partikel voneinander. Zu Entstehung und Chemie der Partikel sind noch viele Fragen offen. Erste Messungen aus Finnland zeigen, dass in Wäldern biogene VOCs eine Rolle bei der Neubildung von Partikeln spielen und auch am Wachstum der Partikel durch weitere Reaktionen oder Anlagerungen beteiligt sind. Wie es in dem sehr viel stärker verschmutzten Mitteleuropa aussieht und welchen Einfluss biogene VOCs ins-

gesamt auf den Partikelhaushalt in der Atmosphäre haben, ist noch unklar.

Dies war ein wichtiger Grund dafür, die Freilandmessungen im Fichtenbestand am Waldstein auf den Versuchsflächen des BITÖK durchzuführen. Den Wissenschaftlern kommt hier zu gute, dass in dem Wald seit acht Jahren unter anderem Parameter der Pflanzenökologie, Meteorologie und Luftchemie gesammelt und ausgewertet werden.

Ein 30 Meter hoher Messturm erlaubt es, sowohl die Primäremissionen im Bestand als auch den Austausch von Spurenstoffen zwischen dem Bestand und der Atmosphäre zu bestimmen. Routinemäßig erfasst werden Luft- und



Bodentemperatur, Boden- und Blattfeuchte, Wind, Niederschlag, Flüsse und Konzentrationen von Kohlendioxid, Wasserdampf und Ozon, Konzentrationen verschiedener Spurengase sowie der Energiefluss aus der Atmosphäre in den Wald und umgekehrt. Energiefluss ist gleichzusetzen mit der Strahlung plus dem Fluss „fühlbarer“ und „latenter“ Wärme. Ein „latenter“ Wärmeffluss entsteht zum Beispiel, wenn Wasserdampf in die Atmosphäre steigt, oder wenn Wasserdampf kondensiert und Tau bildet.

Um ein möglichst vollständiges Bild aller für die Luftchemie relevanten Substanzen zu erhalten, werden in den intensiven Messkampagnen jeweils im Juli 2001 und 2002 zusätzlich nicht nur die Konzentrationen und vertikalen Flüsse von Partikeln und VOCs gemessen, sondern auch von Wasser-



stoffperoxid, organischen Peroxiden und Stickoxiden. Darüber hinaus werden die Konzentrationen an gasförmiger Salpetersäure und organischen Nitraten ( $\text{NO}_y$ ) sowie des an Partikel gebundenen Nitrats bestimmt. Die Installation von Messgeräten direkt an den Zweigen oder in weiterer Entfernung von den Pflanzen erlaubt, zwischen Primäremissionen und sekundären Produkten zu unterscheiden.

Um die Fluktuationen der gemessenen Parameter präzise nachvollziehen zu können, muss die Messtechnik sehr schnell sein: ungefähr zehn voneinander unabhängige Messungen pro Sekunde sind notwendig. Da wundert es nicht, dass allein in der ersten Messkampagne im Juli dieses Jahres 1 Gigabyte Rohdaten pro Woche in komprimierter Form gesammelt wurden. Mit Messungen und Technik wird vielfach Neuland beschritten, die Geräte sind häufig noch in der Entwicklung. So handelt es sich weltweit um einen der ersten Versuche, Flüsse biogener VOCs in Wäldern zu quantifizieren. Eine Herausforderung ist die Messung der Partikelflüsse. Besonders die Methoden zur Erfassung von kleinen Partikeln sind noch nicht ausgereift. Auch die Technik zur Bestimmung der Deposition von Stickoxiden wird erstmals in Europa eingesetzt. Umso wichtiger ist es, wo immer möglich die Qualität der Messungen abzusichern. Sind die Geräte auf der Versuchsfläche installiert, kommt deshalb vor der eigentlichen Messkampagne das sogenannte Qualitätsmobil vom IFU zum Einsatz. Quality Assurance/Quality Control (QA/ QC) heißt das Schlagwort unter Fachleuten. Vergleichsmessungen und die Bestimmung von Prüfgasen, deren Konzentration nur den Kontrolleuren bekannt ist, geben Aufschluss über die Messunsicherheit und Präzision der eingesetzten Geräte. Diese Messungen stellen auch die Vergleichbarkeit der Ergebnisse mit anderen nationalen und internationalen Projekten sicher.

Die Daten der Freilandversuche werden ergänzt durch Laborexperimente zur Physiologie der biogenen VOCs in Pflanzen und zur Chemie dieser Verbindungen unter definierten Bedingungen in Smogkammern. Satellitendaten werden aufgearbeitet und geben Aufschluss über verschiedene Vegetationsparameter in Deutschland. All diese neuen Informationen werden

### Kontakt an der Uni Bayreuth:

PD Dr. Otto Klemm: Atmosphärenchemie, Vertikale Flüsse über Wäldern; BITÖK;

Tel.: 0921 - 55 - 5674

Email: [klemm@bitoek.uni-bayreuth.de](mailto:klemm@bitoek.uni-bayreuth.de)

Andreas Held: Vertikale Flüsse von Partikeln; BITÖK

Tel.: 0921 - 55 - 5622

Email: [Andreas.Held@bitoek.uni-bayreuth.de](mailto:Andreas.Held@bitoek.uni-bayreuth.de)

kombiniert mit Daten einer schon bestehenden Emissions-Datenbank und stündlich aktualisierten meteorologischen Daten aus ganz Deutschland (Auflösung bis zu einem Kilometer und einer Stunde). Mit diesem Verfahren sollen realistische Abschätzungen biogener Nettoemissionen für typische Sommersmogperioden in Deutschland und regionale Langzeitberechnungen für das Sommer- und Winterhalbjahr möglich werden. So wird eine Grundlage für effektive umweltpolitische Maßnahmen zum Schutz der Atmosphäre geschaffen. Erste Ergebnisse werden im Januar vorgestellt.

Allen begeisterten Autofahrern kann aber schon jetzt gesagt werden: Auch wenn biogene VOCs an der Ozonbildung in der bodennahen Atmosphäre beteiligt sind, lohnt es sich, das Auto stehen zu lassen. Denn die Beziehungen zwischen den auslösenden Gasen und der Ozonbildung sind komplex. Und außerdem liefert der Verkehr andere unabdingbare Vorläufersubstanzen für die Bildung von Ozon in der unteren Atmosphäre: die Stickoxide. □

*links: Manche Messgeräte sprechen auch den Sinn für Ästhetik an: Der pilzförmige Partikeleinlass lässt nur Partikel bestimmter Größe durch (Foto: Brauer)*





# „African Development Studies in Geography“

*Fouad. N. Ibrahim, Detlef Müller-Mahn, Herbert Popp*

## Eine Stärkung der „Bundeshochburg für Afrika-Forschung“?

An der Universität Bayreuth besteht bereits zum jetzigen Zeitpunkt ein interdisziplinärer Schwerpunkt zur Afrika-Forschung. Besonders in der Kulturwissenschaftlichen Fakultät, in der Fakultät für Sprach- und Literaturwissenschaften sowie in der Fakultät für Biologie, Chemie und Geowissenschaften, und hierbei speziell in der Fachgruppe Geowissenschaften, ist die Afrika-Forschung breit verankert. Hinzu kommen Aktivitäten in der Fakultät für Rechts- und Wirtschaftswissenschaften. Insgesamt sind ca. 40 Hochschullehrerinnen und Hochschullehrer überwiegend oder zu Teilen ihrer Aktivitäten mit Afrika befasst. Zudem werden diese Aktivitäten schon seit Jahren erfolgreich durch das Institut für Afrika-Studien vernetzt und sind in gemeinsame Forschungsprojekte eingebunden, so z.B. seit kurzem im SFB/FK 560 „Lokales Handeln in Afrika im Kontext globaler Einflüsse“. Bayreuth ist bereits heute ein Kompetenzzentrum für die interdisziplinäre Afrika-Forschung.

Aufbauend auf dieser in der bundesrepublikanischen Hochschullandschaft (zumindest aber in der bayerischen Hochschullandschaft) einmaligen afrikabezogenen Forschungskompetenz (die Süddeutsche Zeitung bezeichnete Bayreuth

unlängst in einem Artikel als „Bundeshochburg für Afrika - Forschung“) werden soeben im Bereich der Geowissenschaften zwei neue Studiengänge entwickelt, die die vorhandene Kompetenz systematisch vermitteln wollen und die zugleich anwendungs- und praxisbezogenen sind. Hierbei wird nahtlos an die bereits vorhandene Forschungspraxis angeknüpft, bezieht sich das Spektrum afrikabezogener Forschung in der Fachgruppe Geowissenschaften doch bereits seit längerer Zeit auch auf breite praktische Erfahrungen mit der Entwicklungszusammenarbeit in afrikanischen Ländern so(z.B. GTZ, UNDP, UNESCO, UNHCR, und mehrere NGOs).

Daneben wird im Bereich der Ethnologie und Entwicklungssoziologie eine parallele Initiative mit je einem BA- und MA-Studiengang unter der Bezeichnung „Kultur und Gesellschaft Afrikas“ gestartet. Beide Stränge sind miteinander vernetzt und stehen auch gemeinsam unter dem Dach der „Applied African Studies“.

## Was wollen die beiden neuen Studiengänge?

Bislang gibt es in Deutschland noch keine interdisziplinären Studiengänge für den Bereich der Entwicklungszusammenarbeit Afrikas, die aktuelle geographische und geoökologische Entwicklun-

gen in Afrika in den Mittelpunkt stellen und den Bezug zu Praxisfeldern bieten. Die beiden neuen Studiengänge sind somit einmalig in ihrer Zielsetzung und sie können den Trumpf ausspielen, in einer andernorts nicht vorhandenen Breite natur-, kultur- und sozialwissenschaftliche Angebote im Hauptfach zusammenzuführen und diese mit sprach-, rechts- und wirtschaftswissenschaftlichen Angeboten in den wählbaren Nebenfächern zu ergänzen.

Der wichtigste Praxisbereich in Afrika ist zur Zeit die Entwicklungszusammenarbeit (national und international). Während in Lateinamerika und in weiten Teilen Asiens in den letzten Jahren eigen-dynamische Entwicklungen zu beobachten sind, die eine zunehmende Unabhängigkeit von Aktivitäten der Entwicklungszusammenarbeit erwarten lassen, wird Afrika noch über längere Zeit Gegenstand entwicklungspolitischer Aktivitäten sein.

Die Spezialisierung und Konzentration bei gleichzeitig konsequent interdisziplinärer Ausrichtung auf eine ganz spezielle Region im Sinne von Area Studies, in diesem Falle Afrika, ist in Deutschland einmalig. Eine derartige Konzeption hat viele inhaltliche Vorteile. Die weitere Klammer „Entwicklungsländer“ für den neuen Studiengang erscheint als zu allgemein

und zu vage, da damit zu unterschiedliche Naturräume und kulturelle Systeme vorschnell zusammengefasst werden würden. Die individuelle und regionsspezifische Problemlösung sucht nicht nach generellen Rezepten, sondern nach Antworten, die aus dem spezifischen regionalen Kontext abgeleitet werden. Deshalb ist die Regionalkompetenz ein wichtiges Qualitätsmerkmal des neuen Studienganges. Bereits die regionale Klammer „Afrika“ ist so weit, dass im Rahmen der Ausbildung in Teilbereichen naturräumlich nach dem ariden-semiariden und tropisch-wechselfeuchten, geschichtlich nach dem frankophonen und anglophonen sowie kulturell nach dem islamisch, christlich und durch afrikanische Religionen geprägten Afrika weiter differenzierend gefragt werden wird. Die neuen Studiengänge vermitteln also im Sinne von Area Studies eine anwendungsbezogene Regionalkompetenz des afrikanischen Kontinents (mit Einbezug sowohl des nordafrikanischen als auch des subsaharischen Afrikas).

Konkret werden die Area Studies über Afrika in Form zweier Studiengänge (BA- und MA-Programm) unter der Bezeichnung *Geographische Entwicklungsforschung Afrikas / African Development Studies in Geography* angeboten. Der Fokus der inhaltlichen Ausrichtung soll in der Angewandten Geographie, und zwar explizit im Überlappungs- und Kontaktbereich geökologischer mit wirtschafts- und sozialgeographischen Themen, liegen. Diese Ausrichtung erscheint sinnvoll vor dem Hintergrund der Erkenntnis, dass für praktische Problemlösungen im Rahmen von Projekten der Entwicklungszusammenarbeit beide Dimensionen (die naturwissenschaftliche und die kultur-/sozialwissenschaftliche) von Relevanz sind. Entsprechend dieser Ausrichtung können afrikabezogene Nebenfächer aus den Kulturwissenschaften, aus Wirtschaft

oder Recht gewählt werden.

Beide Studiengänge stellen eine berufsqualifizierende Ausbildung im Kernbereich der Lehre sicher. Mit ihren je spezifischen Ausbildungszweigen beinhalten sie eine breite praxisnahe Methodenausbildung und die Vermittlung von Schlüsselqualifikationen, für den Arbeitsmarkt. Praktika sowie mit der Praxis verzahnte Studienprojekte eröffnen eine Anwendung methodischer und inhaltlicher Kompetenzen und bieten zudem direkte Kontakte zu möglichen Berufsfeldern.

Die Studiengänge sind international ausgerichtet. Dem wird sowohl in der Wahl des Abschlussdiploms als auch der Unterrichtssprache Rechnung getragen. Aus Gründen internationaler Kompatibilität war die Wahl der Organisationsform des **Bachelors** (B.A.) und eines **Masters** (M.A.) unerlässlich.

Ein zweistufiges Angebot erlaubt sowohl die Bedürfnisse und Möglichkeiten des aktuellen Universitätsbetriebes als auch die unbedingt notwendige internationale Orientierung miteinander zu verbinden. Der **B.A. Studiengang** wird zunächst mit Deutsch als Unterrichtssprache angeboten. Die Option, ihn in einer späteren Phase in Englisch anzubieten, ist gewährt. Ergänzend zur Lehrsprache Deutsch sind schon in der Anlaufphase Angebote in Englisch und gegebenenfalls in Französisch vorgesehen. Um ausländischen Studierenden den Zugang zu erleichtern, sollen in Absprache mit den jeweiligen Prüfern Arbeiten und Prüfungsleistungen in Englisch und gegebenenfalls in Französisch ermöglicht werden.

Der **M.A.-Studiengang** wird in Englisch angeboten. Je nach thematisch/regionaler Ausrichtung sind aber auch Lehrveranstaltungen in Deutsch oder Französisch möglich. Damit öffnet sich die Universität Bayreuth auch einem internationalen Interessentenkreis.

### Studentische Zielgruppen

Die Nachfrage nach kompetenten Fachkräften im Bereich der Entwicklungszusammenarbeit ist nach wie vor gegeben, vor allem was qualifiziertes Personal aus der Region selbst betrifft. Das Bayreuth-Rabater Graduiertenkolleg in Angewandter Geographie (finanziert durch die GTZ und konzipiert als Hochschulpartnerschaft zwischen den Universitäten Rabat/Marokko und Bayreuth) praktiziert mit seinen französischsprachigen Lehrveranstaltungen bereits seit mehreren Jahren mit Erfolg dieses Modell. Die Absolventen des Kollegs finden in dem ansonsten schwierigen marokkanischen Arbeitsmarkt sofort attraktive Stellen (93 % der Absolventen haben sofort eine Anstellung gefunden).

Studierende, die die beiden neuen Studiengänge *African Development Studies in Geography* wählen, dürften voraussichtlich aus folgenden Bereichen das neue Ausbildungsangebot nachfragen:

- deutsche Studenten, die sich für Fragen der Entwicklungszusammenarbeit qualifizieren wollen und an Afrika interessiert sind;
- Studenten aus den EU-Nachbarländern, die an einer auf Afrika fokussierten praxisorientierten Ausbildung für den Bereich der Entwicklungszusammenarbeit interessiert sind;
- deutsche Absolventen (Magister, Diplom u.ä.) aus themenverwandten Bereichen, für die die hier vorgesehenen Master-Studiengänge als eine Art Aufbaustudium eine Qualifikationsverbesserung bringen;
- Studenten aus afrikanischen Ländern, die infolge der erheblichen personellen und sachlichen Defizite an ihren Heimatuniversitäten eine qualifizierte Ausbildung mit dem Formalabschluss Master in Europa suchen, um nach dem Studium eine Beschäftigung, in der sie ihre Qualifikation anwenden können, in ihrem Herkunftsland zu finden.

# BAYREUTH

Bachelor-/Master-Studiengang  
**African Development  
 Studies in Geography**

**ziele**  
 Vermittlung einer anwendungsbezogenen Regionalkompetenz des afrikanischen Kontinents (Nordafrika und subsaharisches Afrika) für Themenfelder der Entwicklungszusammenarbeit

**inhalte**  
 Praxisnahe Ausbildung in den Modulen:  
 • Die sozio-kulturelle und wirtschaftliche Umwelt Afrikas  
 • Die natürliche Umwelt Afrikas  
 • Methoden und Techniken der Regionalanalyse (u.a. GIS, Fernerkundung, Computerkartographie, Empirische Sozialforschung)  
 • Exkursionen, Geländepraktika, Projektstudien (z.T. in Afrika)

**nebenfächer**  
 „Afrikanisches Recht“, „Kultur und Gesellschaft Afrikas“, „Afrikanische Sprachen“, „Wirtschaft (Internationale Beziehungen)“ und weitere Nebenfächer

**internationalität**  
 Lehrangebot in Deutsch und Englisch; Internationale Kompatibilität mit Credit-Points und Modulen; Zusammenarbeit mit mehreren afrikanischen Universitäten

**info** Universität Bayreuth • Applied African Studies • 95440 Bayreuth •

[www.african-studies.uni-bayreuth.de](http://www.african-studies.uni-bayreuth.de)

UNIVERSITÄT BAYREUTH

Mit einem anspruchsvoll gestalteten A1-Poster, das es neben der (hier abgebildeten) deutschen Version auch in Englisch und in Französisch gibt, wirbt das neue BA-/MA-Ausbildungsprogramm. Daneben gibt es auch einen stark nachgefragten Internet-Auftritt unter der Adresse: [www.african-studies.uni-bayreuth.de](http://www.african-studies.uni-bayreuth.de)



### Berufsfelder der künftigen Absolventen

Die Entwicklungszusammenarbeit beschäftigt Kultur- und Sozialwissenschaftler(innen) mit guter methodischer Ausbildung und der Kompetenz zu fachübergreifenden Kooperation in praktischen Arbeitszusammenhängen. Die in den neuen Studiengängen zu erwerbenden Qualifikationen werden in den Ländern Afrikas (und im internationalen Umfeld) in vielfältigen Kontexten konkret nachgefragt:

- Im Rahmen bilateraler und multilateraler Projekte der Entwicklungszusammenarbeit zwischen einem nationalen/internationalen und einem afrikanischen Partner (z.B. GTZ, FAO, UNDP, Weltbank, US-AID).
- Im Rahmen staatlicher Projekte einzelner afrikanischer Länder zur Erschließung neuer Ressourcen, die meist über internationale Consultings abgewickelt werden und die entsprechende Fachkräfte benötigen (z.B. Compagnie du Bas-Rhône, URBAPLAN).
- Institutionen der nichtstaatlichen Entwicklungszusammenarbeit des Typs NGOs (Non-Governmental Organizations), die hinsichtlich ihrer Zahl und Bedeutung derzeit einen erheblichen Anstieg erleben (z.B. Eirene, Brot für die Welt, Caritas, Welthungerhilfe, Oxfam, CARE). Deren Bedarf an kompetenten Fachkräften der Entwicklungszusammenarbeit wächst auch in der absehbaren Zukunft weiter.
- Im wachsenden Bereich der Me-

**african development studies**

**BA und MA**

**African Development Studies in Geography**

Das Studium ist in Module gegliedert, die sich mit den natürlichen, sozialen, wirtschaftlichen und räumlichen Bedingungen der Entwicklung in Afrika befassen (u.a. Veranstaltungen über die traditionelle Ressourcennutzung und ihre Grundlagen, heutige Wirtschaftssysteme, aktuelle Entwicklungen im städtischen und ländlichen Raum, Tourismus). Die Beziehungen zwischen natürlichen Potenzialen, lokal-regionalen Entwicklungsprozessen sowie planerischen Strategien und Instrumenten zu ihrer Steuerung bilden den Focus der Ausbildung. Daneben werden im Rahmen von Praktika und Übungen Methodenkenntnisse vermittelt (u.a. computergestützte Kartographie, Empirische Sozialforschung, GIS und Bodenanalyse). Ein Teil der Lehrveranstaltungen erfolgt in Afrika als Exkursionen oder als forschungsorientierte Praktika (Lehrforschung).

dien und Kultureinrichtungen sowie im Tourismus gibt es einen Bedarf an interkulturell und fachlich kompetenten Kulturwissenschaftlern, die über enge Fachgrenzen hinaus agieren können.

### Verflechtung der beiden Studiengänge mit weiteren Fächern an der Universität Bayreuth

Die beiden Studiengänge eröffnen mit einem fachlich abgerundeten Kanon von Nebenfächern mehrere wichtige Bereiche der Afrikaforschung. Durch das jeweilige Nebenfach kann eine zusätzliche interdisziplinäre Profilierung erreicht werden.

Ein vergleichbar breites Angebot von afrikabezogenen Neben-

fächern wird an keiner deutschen Universität angeboten und ist auch im europäischen Vergleich konkurrenzfähig. Besonders „Recht in Afrika (mit öffentlich-rechtlichen Grundlagen)“ bietet, was in dieser Konstellation wohl einzigartig ist, Geographen den Zugang zu Rechtsfragen mit Relevanz für die Entwicklungszusammenarbeit. □

*Ausschnitt aus dem Informations-Flyer, in dem in komprimierter Form die beiden BA- und MA-Studiengänge vorgestellt werden. Auch diesen Flyer gibt es außer in einer deutschen Version daneben ebenso in Englisch und Französisch.*

### Die möglichen Nebenfächer sind:

- Kultur und Gesellschaft Afrikas
- Recht in Afrika (mit öffentlich-rechtlichen Grundlagen)
- Wirtschaft (mit besonderer Berücksichtigung Afrikas)
- Kunst und Literatur in Afrika
- Religion und afrikanische Geschichte
- Sprachen (z.B. Kiswaheli, Bambara, Hausa)

BAYREUTHER GEOWISSENSCHAFTLICHE ARBEITEN	
Herausgegeben von den Professoren der Fachgruppe Geowissenschaften der Universität Bayreuth	
<b>Publikationen mit Afrikabezug:</b>	
Heft 4:	M. Witten: Die Beziehungen zwischen Nomaden und Bauern im senegalesischen Sanel. (1982).
Heft 6:	F.N. Ibrahim: Ecological imbalance in the Republic of the Sudan, with Reference to Desertification in Darfur. (1984).
Heft 11:	F.N. Ibrahim & H. Ruppert (Hrsg.): Rural-Urban Migration and Identity Change. Case Studies from Sudan. (1988).
Heft 15:	H.G. Böhm, T. Gannon, H. Grahme & F.N. Ibrahim (Hrsg.): Famine and Food Security in Africa and Asia. (1991).
Heft 16:	F.N. Ibrahim, D.K. Ndagala & H. Ruppert (Hrsg.): Coping with Resource Scarcity – Case Studies from Tanzania and the Sudan. (1997).

# Mobilität in Afrika

## eine Strategie zur Prävention von Desertifikation und zur Bewältigung ihrer Konsequenzen

Fouad Ibrahim

### Zum Problem der Desertifikation

Im Jahre 1977 forderte die UN-Weltkonferenz über die Desertifikation in Nairobi, unterstützt durch die UN-Vollversammlung, in einer Resolution die Weltgemeinschaft auf, der Desertifikation bis zum Jahre 2000 Einhalt zu gebieten. Seither hat sie sich dennoch weiter ausgebreitet, obwohl zahlreiche kostspielige Maßnahmen ergriffen wurden. Diese schlugen insbesondere in Afrika weitgehend fehl. Die Gründe hierfür sind mannigfaltiger Natur. Wesentlich verantwortlich für die Misserfolge ist ein falsches Verständnis der Desertifikation.

Das Hauptproblem wurde nicht erkannt, d.h. die Diagnose ist unzutreffend, folglich können keine wirksamen Lösungswege gefunden werden. Nach immer noch verbreiteter Vorstellung besteht die Desertifikation im wesentlichen in physikalischer und biologischer Landdegradation, die durch technische Eingriffe wie Konservierungs- und Aufforstungsmaßnahmen aufgehalten werden kann. Die wichtigen sozialen und ökonomischen Aspekte des Problems, die menschliche Dimension, werden weitgehend bis heute auch in der Forschung vernachlässigt. Sie finden günstigstenfalls in Forschungs-

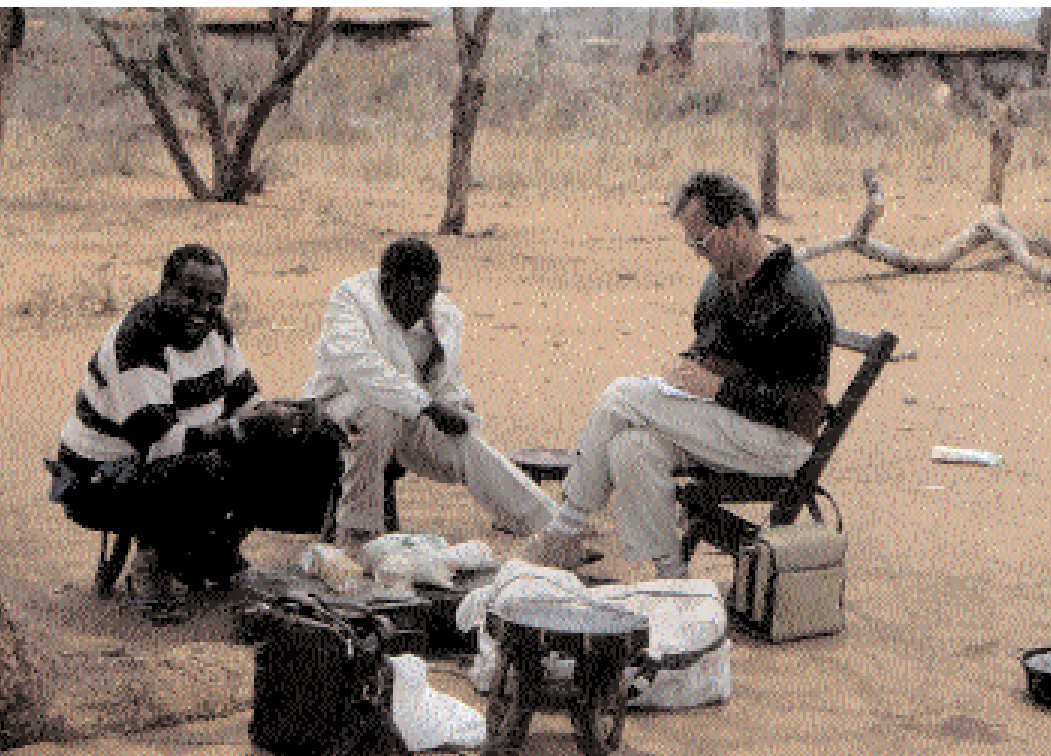
oder Projektanträgen alibihaft Erwähnung. Dabei wird die Rolle des Menschen im Desertifikationsprozess für gewöhnlich auf die simplistische Feststellung reduziert, dass er sowohl Verursacher als auch Opfer desselben sei. Zu den biologischen, pedologischen, geomorphologischen und klimatologischen Aspekten des Problemkomplexes wurde hingegen zwischenzeitlich umfangreiches und detailliertes Material vorgelegt. Unter Berücksichtigung der von uns als überaus bedeutungsvoll eingeschätzten menschlichen Komponente der Desertifikation kamen wir zu folgender Definition: „Desertifikation ist die Degradation nachhaltiger Produktionssysteme in Trockengebieten, welche sich durch jahrhundertelange Interaktion zwischen den menschlichen Gesellschaften und ihrer Umwelt entwickelt haben.“ (Ibrahim 1991)

Durch unsere Forschung in der Sahelzone Afrikas, die einen sozialgeographischen Ansatz verfolgt, im Rahmen des SFB 214 „Identität in Afrika“ konnten wir gemeinsam mit H. Ruppert immer wieder nachweisen, dass viele einheimische Gruppen in Afrika ihre Ressourcen in den Trockenräumen in nachhaltiger Weise nutzen und sie auch schützen, so dass sie diese über Jahrhunderte hinweg unzerstört an nachkommende Generationen überlassen konnten. Die indigenen Strategien dieser Akteure basieren teils auf traditionellen Normen und Verhaltensmustern, welche - von ausländischen Experten oft nicht erkannt - ressourcenschützend wirken.

### Mobilität als Instrument angepassten Ressourcenmanagements

Die wichtigste traditionelle Strategie, in ariden Räumen eine Degradation von Ressourcen zu verhindern, ist die Wahrung eines hohen Mobilitätsgrades der Bevölkerung. Mobilität ist das Hauptinstrument, welches Pastoralisten einsetzen,

Helmut Ruppert bei einem Interview zum Thema „Landnutzungswandel und Migration“ bei den Maasai Nordtansanias





um die hochgradiger Variabilität unterworfenen Futter- und Wasserressourcen in optimaler Weise zu nutzen. Scoones (1996: 9) spricht diesbezüglich von „*opportunistischem Ressourcenmanagement*“, das er als „*höchst flexibel und zu schneller Reaktion fähig*“ bezeichnet. Das effiziente opportunistische Handeln, welches ein Überleben in Trockenräumen ermöglicht, beschreibt Sandford (1996: 175) als ein „*Aufspüren von Nahrung in Zeit und Raum*“. Beide Autoren bezeichnen die Trockengebiete als „*Ökosysteme ohne Gleichgewicht*“, deren markantestes Merkmal die Unsicherheit ist. In ihrer in vielfacher Weise ungewissen und risikoreichen Umwelt haben die Pastoralisten ebenso komplizierte wie dynamische Systeme des Ressourcenmanagements entwickelt, die es ihnen erlauben, mit der hochgradigen Niederschlagsvariabilität und dem nur sporadischen bzw. episodischen Vorhandensein von Ressourcen fertig zu werden.

Die Schlüsselrolle der Mobilität als einer ökologisch angepassten Lebens- und Wirtschaftsweise in ariden Regionen soll hier durch ein charakteristisches Fallbeispiel aus unserer Forschung verdeutlicht werden. Es ist in einem Halbwüstengebiet mit etwa 200 mm Jahresniederschlag, bei hoher räumlicher und zeitlicher Niederschlagsvariabilität, angesiedelt. Die Gruppen, welche dort leben, sind überwiegend seminomadische Pastoralisten. Im Gegensatz zu der landläufigen Meinung handelt es sich bei diesen Menschen keinesfalls um eine marginale ökonomische Gruppe. So verweist Winrock (1992) darauf, dass sie immerhin 35 % des agrarischen Bruttoinlandsproduktes Afrikas erwirtschaften.

#### Fallbeispiel: Mohammad - ein Sahelbauer wird mobil

Mohammad (65) gehört zur sesshaften Ethnie der Berti und wohnt im Dorf Labda in Norddarfur (West Sudan). Dieses liegt in einem

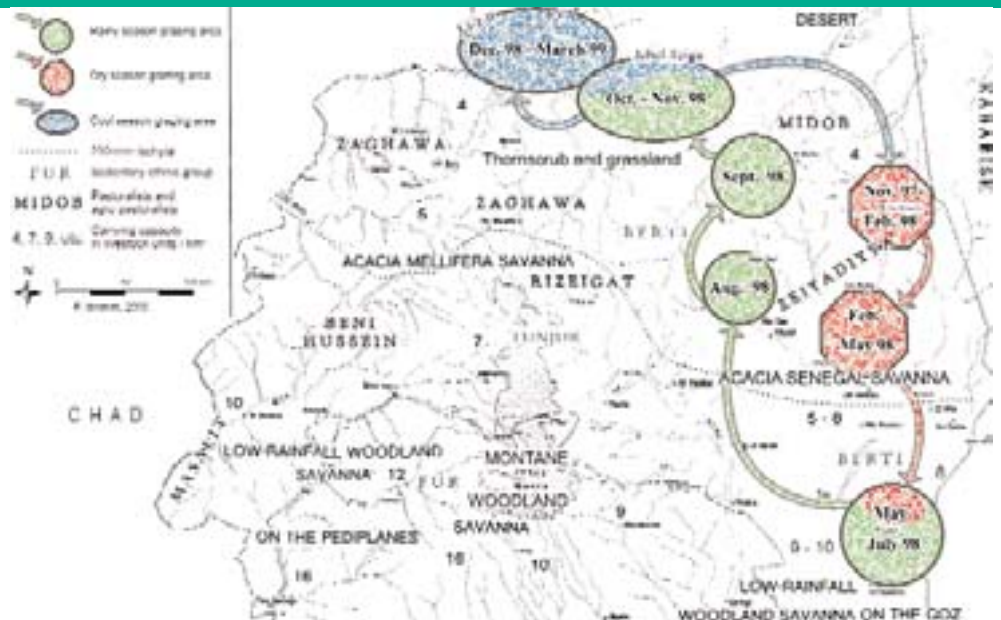


Abb.1: Abfolge von jahreszeitlich genutzten Weidegründen für Kamele der Ethnie der Berti um das Dorf Labda, Norddarfur (Sudan)

Gebiet, welches Teil des stabilisierten Altdünengürtels und vegetationsmäßig durch eine degradierte Acacia-senegal Savanne charakterisiert ist. Zwischen 1950 und 1967 fielen dort im Mittel Jahresniederschläge von etwas mehr als 300 mm. Mohammads Haushalt war seinerzeit in der Lage, durch Hirseanbau und etwas Tierhaltung seine Subsistenz zu sichern. Als sich ab 1968 die Niederschläge jedoch auf etwa die Hälfte reduzierten, konnte in den meisten Jahren keine Hirse geerntet werden, und die Weidewirtschaft im Umkreis des Dorfes litt stark unter der Desertifikation. Mohammad reagierte auf die klimatische Aridifizierung und die dadurch ausgelöste Krisensituation auf die im folgenden beschriebene Weise mit Mobilität, Flexibilität sowie mit ökologischer und sozialer Anpassung:

1968: Stresssituation infolge der Dürre

- Mohammad wandert mit seinen Rindern in den feuchteren Süden
- Er geht zu mobiler Rinderhaltung über.

1984: Zuspitzung zu einer Dürrekatastrophe

- Sämtliche Rinder Mohammads sterben.
- Er geht zu mobiler Schafhaltung über.

1992: Erwirtschaftung von Gewinn durch Verkauf von Schafen

- Mohammad erwirbt mit dem Verkaufserlös einige Kamele.

- Er geht zu mobiler Kamelhaltung über.

1998: Diversifizierung des Wirtschaftssystems

- Mobile Kamelhaltung

Mohammad unternimmt mit seinen 40 Kamelen eine ca. 1000 km lange Wanderung von etwa 12 Monaten Dauer (s. Abb. 1). Er wird dabei von zwei bezahlten Hirten unterstützt. Nach Einsetzen der Regenzeit begeben sie sich innerhalb ihres Stammesgebietes südwärts, zu Beginn der Trockenzeit wandern sie nach Norden in das Gebiet der halbnomadischen Midob. Gemeinsam mit diesen ziehen sie nach Nordwesten in das Gebiet des Wadi Hawar, wo sie die reiche Grasflur des Jizu-Gebietes nutzen. Während der winterlichen Trockenzeit stehen dort für die Tiere saftige Gräser und nahrhafte Kräuter zur Verfügung. Dank der guten Beziehungen zu den Angehörigen der Nachbarethnie der Midob braucht Mohammad nicht den sonst üblichen Kameldiebstahl zu befürchten.

- Mobile Schafhaltung

Die beiden Söhne Mohammads gehen mit ca. 150 Schafen auf Weidewanderung. Ihre Route ähnelt der Kamelweideroute, sie führt jedoch nicht ins Jizu-Gebiet.

- Sesshaftigkeit mit Anbau





*Kleine Mädchen zeigen beachtliche Fähigkeiten, wenn sie bis zu fünfzigköpfige Herden launischer Ziegen auf dem Weidegang in der Dornstrauchsavanne des Westsudans unter Kontrolle halten.*

Mohammads Frau, seine Tochter und die Schwiegertochter verbleiben im Dorf Labda, um Anbau zu betreiben. Sie bestellen gemeinsam ca. 6 ha Land mit Kolbenhirse und hoffen auf ausreichende Niederschläge. In den guten Jahren 1988, 1994 und 1998 erzielten sie Durchschnittserträge von 3-4 dt/ha, in den übrigen Jahren 0,5-1 dt/ha. In den Jahren mit geringen Niederschlägen pflanzen sie mit einer zeitlichen Verzögerung gegenüber der Hirseausaat Wassermelonen. Diese gedeihen meist auch in schlechteren Jahren und sind eine wichtige Nahrungs- und Feuchtigkeitsquelle für Mensch und Tier. Die Kerne werden auf dem Markt verkauft, sie stellen eines der Exportgüter des Sudan dar.

### Fazit

Unsere Forschung zum Fragenkomplex der Desertifikation und zur Bedeutung der Mobilität in der Sahelzone zeigt folgende Ergebnisse:

In der ariden Zone

- ist Nomadismus aus ökonomischen ebenso wie aus sozialen Gründen sinnvoller als Sesshaftigkeit
- ist Sesshaftigkeit häufig mit Armut verbunden

- verändern dank ihrer Mobilität und Flexibilität Nomaden die Zusammensetzung ihrer Herden entsprechend der gegebenen ökologischen Situation und sind so in der Lage, Trockenjahre zu überdauern
- sind die Gebiete Sesshafter in weitaus stärkerem Umfang von der Desertifikation betroffen als die von Nomaden genutzten Gebiete

- ist Desertifikation kein akutes Problem in nomadischen Gebieten

- sollten Entwicklungsmaßnahmen im Sinne der Desertifikationsprävention darauf zielen, die Mobilität von Nomaden bzw. Seminomaden zu erhalten und sie durch Verschaffung von Zugang zu den Schlüsselgebieten für Weide und Wasser in Trockenjahren zu unterstützen

- könnte Wiederaufstockung von Herden eine Maßnahme sein, die zur Renomadisierung von sesshaft gewordenen, oft verarmten Nomaden führt.

Nicht allen sesshaften Bauern der Berti-Ethnie gelang es in gleicher Weise wie Mohammad, flexibel auf die veränderten ökologischen Rahmenbedingungen zu reagieren und zum Agropastoralismus überzugehen. Die meisten von ihnen jedoch bedienen sich verschiedener Formen der Mobilität: Sie wander-



*Im Westsudan werden Jungen bereits früh mit dem Hüten von Kamelen auf der Fernweide betraut. Die Tätigkeit verlangt neben gewissen Kenntnissen und Fertigkeiten ebenso auch Mut, da bewaffnete Überfälle verbunden mit Kamelraub nicht selten sind.*

ten als Ackerbauern bzw. als Landarbeiter auf Zeit oder auf Dauer in die südlichere feuchtere Zone, andere zogen in die größeren Städte Darfurs oder sogar in die Hauptstadt Khartum, wieder andere machten sich in die erdölreichen arabischen Länder auf, um dort Arbeit zu suchen. Im Zeitalter der Globalisierung mag es nicht verwundern, dass auch der Traum von der Abwanderung in die reichen Länder der Westlichen Welt bei diesen Menschen nicht selten zu beobachten ist, obwohl eine Umsetzung in die Wirklichkeit nur denjenigen gelingt, die bereits einen gewissen Grad formaler Bildung erlangt, den Weg nach Khartum geschafft und sich das nötige Kapital für eine Migration ins Ausland erworben haben.

Sudanesische Zuwanderer in Deutschland, wie sie von uns derzeit gemeinsam mit Cordula Weißköppl im Rahmen des neuen Bayreuther Sonderforschungsbereichs 560 „Lokales Handeln in Afrika im Kontext globaler Einflüsse“ im Teilprojekt A 7 „Die kulturelle Interaktion von Zuwanderern aus dem Sudan und aus Ägypten mit ihrer Gastgeberbevölkerung in Deutschland und den USA“ untersucht werden, weisen ebenfalls eine hochgradige Mobilität und Flexibilität auf, mit der sie die Schwierigkeiten interkultureller Begegnung bei uns meistern. □

# Tödliche Gefahren: Naturkatastrophen in Entwicklungsländern

Detlef Müller-Mahn

## 1. Dimensionen des Problems

Naturkatastrophen können zu verheerenden Zerstörungen führen, wie wir auch in Deutschland aus eigener Erfahrung wissen: Im Dezember 1999 hinterließ der Wintersturm Lothar eine Schneise der Verwüstung in den Wäldern Baden-Württembergs und Bayerns. Ein anderes Beispiel war das Hochwasser der Oder im Sommer 1997, das in den drei Anrainerstaaten Schäden von fast 10 Mrd. DM verursachte und 100 Todesopfer forderte. Ungleich schwerer noch aber trifft es die Menschen in Entwicklungsländern, in denen im weltweiten Vergleich die mit Abstand höchsten katastrophenbedingten Opferzahlen zu verzeichnen sind. Und das Problem wächst. Trendanalysen der Münchner Rückversicherung (Abb. 1 und 2) lassen erkennen, dass Häufigkeit und Schadensbilanzen großer Naturkatastrophen in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts deutlich zugenommen haben. Ursachenanalyse, Frühwarnung und Prävention von Naturkatastrophen sind deshalb wichtige Aufgabenfelder, zu denen die geowissenschaftliche Forschung einen wesentlichen Beitrag leisten kann, und zwar speziell auch in Hinsicht auf die Bedingungen von Entwicklungsländern. Die Problematik, um die es hier geht, ist jedoch überaus komplex, so dass neue, die konven-

## Große Naturkatastrophen 1950 - 2000

Weit über 100 Tote und/oder US\$ 100 Mio. Schaden

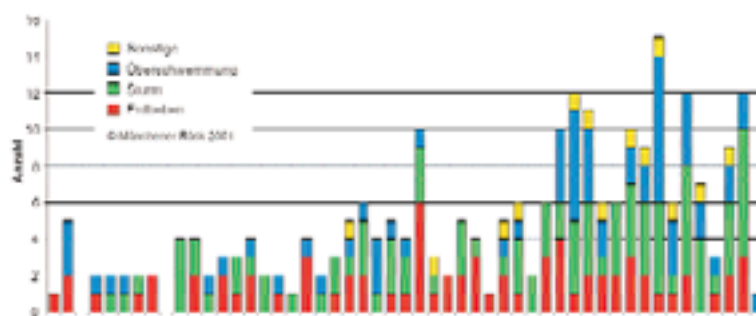


Abb. 1: Die Häufigkeit großer Naturkatastrophen hat in den vergangenen 50 Jahren von Dekade zu Dekade zugenommen.

tionellen Grenzen von Fachdisziplinen überschreitende Forschungs- und Entwicklungsansätze erforderlich werden. Der folgende Beitrag will die Richtung dieser neuen interdisziplinären Forschungsansätze skizzieren.

Naturkatastrophen entstehen durch die Einwirkung extremer Naturereignisse auf die Bevölkerung in gefährdeten Gebieten, die dadurch

Verluste an Menschenleben und materielle Schäden in einem so großen Umfang erleidet, dass die Betroffenen selbst die Folgen nicht alleine bewältigen können. Mit anderen Worten: Zu einer Katastrophe wird ein Ereignis erst durch das Ausmaß seiner Auswirkungen auf den Menschen. Genau genommen ist deshalb die Bezeichnung „Natur“katastrophe irreführend,

## Große Naturkatastrophen 1950 - 2000

Weit über 100 Tote und/oder US\$ 100 Mio. Schaden

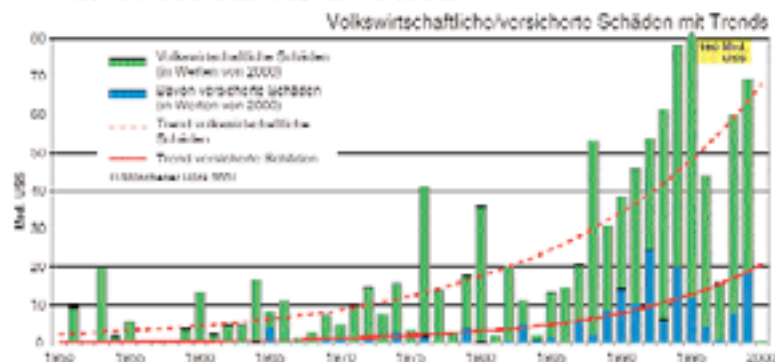


Abb. 2: Die durch Naturkatastrophen verursachten Schäden zeigen einen steigenden Trend.



Abb. 3: Hochwasser in Bonn im Frühjahr 2001

weil die katastrophalen Auswirkungen eines Extremereignisses nicht allein in der Natur zu suchen sind, sondern den Menschen als Mitverursacher oder zumindest als Risikoträger mit einschließen. Aus sozialwissenschaftlicher Sicht richtet sich das Interesse auf die risikoträchtigen Gruppen der Bevölkerung, also die potenziellen Opfer von Katastrophen.

Naturkatastrophen unterscheiden sich nicht nur in ihrer Genese, sondern auch in der Art und Weise, wie der Mensch an ihrer Verursachung beteiligt ist. Zwei der wichtigsten Typen seien kurz dargestellt, um zu zeigen, wie Natur und Gesellschaft hier zusammenwirken:

(1) Erdbeben gelten als die spektakulärsten Katastrophen, weil sie innerhalb weniger Sekunden schwerste Zerstörungen hervorrufen können. Die Schockwellen werden durch Bewegungen in der Erdkruste ausgelöst und sind deshalb auf die Zonen konzentriert, in denen die großtektonischen Platten aneinandergrenzen. In den hochgradig erdbebengefährdeten Gebieten liegen einige der größten Megastädte und Agglomerationen der Welt wie Tokio, Mexico City und San Francisco. Das schwere Beben in Kobe (Japan) im Jahre 1995 verursachte Schäden von fast 100 Mrd. US\$ und lässt erahnen, mit welchen Schadensdimensionen bei einem - übrigens jederzeit möglichen! - Beben gleicher Intensität in

Kalifornien oder in einem urbanen Ballungsraum in einem Entwicklungsland zu rechnen wäre. Was die Verursachung von Katastrophen im Zusammenhang mit Erdbeben angeht, ist zwischen dem eigentlichen Naturereignis und seinen Auswirkungen zu unterscheiden: Die Menschen werden nicht durch die Erdbebenwellen getötet, sondern durch einstürzende Gebäude. Zerstörungen und Todesfälle sind also nicht allein auf die Schwere des Bebens zurückzuführen, sondern auf die unzureichende Anpassung der Bauweise an die bestehende Gefährdung. Die Zerstörungen bei den jüngsten Erdbebenkatastrophen in der Türkei zum Beispiel waren nur deshalb so schwer, weil bei den meisten in jüngerer Zeit errichteten Neubauten geltende baurechtliche Bestimmungen und Schutzmaßnahmen nicht beachtet wurden.

(2) Stürme und Überschwemmungen übersteigen sogar noch die Schadenswirkung von Erdbeben. Vor allem Sturmfluten an den Küsten der Weltmeere fordern immer wieder außerordentlich viele Menschenleben. Derartige Katastrophen hat es auch früher gegeben. Die in der Gegenwart konstatierte Zunahme der Opferzahlen ist im wesentlichen auf höhere Bevölkerungsdichten in den gefährdeten Gebieten zurückzuführen. Es wird jedoch auch ein Zusammenhang mit dem anthropogen bedingten Klimawandel diskutiert. Der sich abzeichnende Meeresspiegelanstieg infolge der gegenwärtig zu beobachtenden langsamen Erwärmung der Atmosphäre vergrößert das Sturmflutrisiko an schlecht geschützten Küsten wie in Bangladesch. Über die Ursachen der weltweiten Klimaänderung besteht in der Wissenschaft zwar noch keine letzte Klarheit, aber eine anthropogene (Mit-)Verursachung durch vermehrte Treibhausgasemissionen wird in der Fachwelt kaum noch bestritten.

Beide Disaster-Typen, Erdbeben und Überschwemmungen, zeigen,

dass neben den natürlichen Ursachen immer auch die Gesellschaft in das Katastrophengeschehen involviert ist, zumindest als Risikoträger. Aber warum gehen Menschen bei der Wahl ihres Wohnortes überhaupt ein Risiko ein? Warum bauen sie, um ein konkretes Beispiel zu nennen, ihre Häuser an überschwemmungsgefährdeten Flussufern, obwohl bekannt ist, dass hier regelmäßig das Hochwasser die Keller und Erdgeschosse überflutet? In der Stadt Bonn sind solche Wohnlagen am Rhein durchaus gefragt, und zwar - auch wenn dies paradox erscheinen mag - gerade wegen der latenten Überschwemmungsgefahr (siehe Abb. 3). Dank dieser Beeinträchtigung sind sie nämlich verhältnismäßig preiswert! Die Menschen, die hier wohnen, sind also nicht leichtsinnig oder dumm, sondern sie sind kühle Rechner: Sie gehen bewußt ein Risiko ein, um Geld zu sparen. Dabei ist das Risiko in Bonn durchaus kalkulierbar, denn die Frühwarnung funktioniert, die Häuser sind solide gebaut, und im Notfall hilft die Feuerwehr.

In Entwicklungsländern beruht die Exposition gegenüber Naturrisiken dagegen auf ganz anderen Bedingungen. Viele Menschen, vor allem jene, die in absoluter Armut leben, haben keine andere Wahl, als sich Naturgefahren auszusetzen. Außerdem sind sie in ihrer Existenzsicherung viel unmittelbarer als die meisten Mitteleuropäer von bestimmten natürlichen Gegebenheiten abhängig. Beispiele dafür sind die Bewohner von Elendsviertel am Rande von Großstädten in Lateinamerika, die zu arm sind, um Bauland zu kaufen und ihre Hütten deshalb illegal an rutschungsgefährdeten Hängen errichtet haben. Auch die Kleinbauern, die die sturmflutgefährdeten Küstenzonen von Bangladesch besiedeln, sind hierher gekommen, weil in ihren Herkunftsgebieten das Land nicht mehr für den Unterhalt einer wachsenden Bevölke-



rung ausreicht. Alle diese Menschen sind gezwungen, ein hohes Risiko einzugehen, weil sie keine anderen Alternativen zur Sicherung ihres Lebensunterhalts haben.

## 2. Entwicklungsländer sind besonders schwer betroffen

Wenn man die weltweite Verteilung von Katastrophen näher betrachtet, fällt auf, dass die Entwicklungsländer in extrem hohem Maße durch Verluste an Menschenleben betroffen sind. In den großen Sturmfluten in Bangladesch 1970 und 1991 ertranken insgesamt fast eine halbe Million Menschen. Schwere Erdbeben in China (1976), im Iran (1978, 1990), Guatemala (1976) und Armenien (1988) forderten jeweils Zehntausende von Todesopfern. Nicht gezählt sind die Millionen von Menschen, die im 20. Jahrhundert in vier durch Dürre ausgelösten Hungerkatastrophen in der Sahelzone Afrikas ums Leben kamen. Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, warum Naturkatastrophen ausgerechnet in einigen der ärmsten Gebiete der Erde so hohe Opferzahlen verursachen.

Die Erklärung liegt nicht einfach darin, dass die Naturgefahren in Entwicklungsländern grundsätzlich größer wären als in Industrieländern, auch wenn dies für einige Typen (z.B. tropische Wirbelstürme) zutreffen mag. Erdbeben bilden auch in Japan und den USA ein hohes Risiko, und Sturmfluten kommen in allen Küstenländern vor. Die extrem hohen Opferzahlen in Entwicklungsländern sind vielmehr im wesentlichen darauf zurückzuführen, dass die dortigen Bevölkerungen den Naturgefahren weit mehr als die wohlhabenderen Gesellschaften schutzlos gegenüberstehen. Der Grad der Verwundbarkeit bzw. Vulnerabilität von Menschen wird durch die Exposition gegenüber Naturrisiken und durch ihre Fähigkeit zur Risikobewältigung bestimmt.

Die hohe Vulnerabilität der Ent-

### Beispiele für Forschungsergebnisse zur Prävention von Dürrekatastrophen (Fouad Ibrahim):

1. Mobilität ist bei Nomaden und Ackerbauern eine wichtige traditionelle Fähigkeit zur Prävention von Dürrekatastrophen und zur Bewältigung ihrer Konsequenzen (siehe Beitrag Ibrahim in diesem Heft).
2. Diversierung der Grundlagen des Lebensunterhalts dient den Bewohnern dürrgefährdeter Gebiete zur Absicherung gegen die Naturrisiken ihres Lebensraumes. Bei Ackerbauern erfolgt dies beispielsweise durch die Anpassung des Anbaumusters (Mischkulturen, verschiedene Arten von Hirse etc.) an die Niederschlagsverhältnisse. Bei Nomaden werden je nach Futterangebot der Weiden die Zusammensetzungen der Herden oder die Wanderungsrouten verändert.
3. Im subsaharischen Afrika ist das Verhältnis der Preise von Fleisch (Vieh) und Getreide ein guter Indikator für die Erfassung des Grades einer Dürrekatastrophe. Das Preisverhältnis schwankt zwischen 20:1 in Zeiten des Überflusses, 10:1 bei ausreichender Nahrungsmittelversorgung, 5:1 an der Schwelle zur Hungerkrise und 1:1 auf dem Höhepunkt der Katastrophe. Grund ist der Viehverkauf in Notzeiten.

wicklungsländer und ihrer Gesellschaften hat eine Vielzahl von Gründen, die aber im Kern auf einen engen Zusammenhang mit der allgemeinen Entwicklungssproblematik dieser Länder zurückzuführen sind, und zwar sowohl hinsichtlich einer erhöhten Exposition wie auch einer eingeschränkten Bewältigungskapazität. Hohes Bevölkerungswachstum, Armut, extreme soziale Disparitäten und politische Instabilität tragen zur Zerstörung natürlicher Ressourcen bei. Traditionelle, auf Nachhaltigkeit ausgerichtete Bewirtschaftungstechniken werden aufgegeben, wie beispielsweise die Einhaltung von Brachezeiten zum Erhalt der Bodenfruchtbarkeit, weil die wachsende Bevölkerung auf eine Intensivierung der Nutzung zu ihrer unmittelbaren kurzfristigen Existenzsicherung angewiesen ist. Die Übernutzung landwirtschaftlicher Flächen erhöht dann längerfristig die Gefährdung durch Erosion, Hangrutschungen oder den Direktabfluß des Niederschlags. Die Zerstörung der Existenzgrundlagen

zwingt wiederum viele Menschen zur Abwanderung in die Großstädte, wo sie häufig nur in Gebieten mit einem hohen Gefährdungspotential einen Platz für ihre Unterkunft finden. In Entwicklungsländern besteht also ein ursächlicher Zusammenhang zwischen Armut, Umweltzerstörung und Katastrophenanfälligkeit.

## 3. Dürren in Afrika - die vergessenen Katastrophen

Der globale Klimawandel führt in Afrika zu einer Zunahme der Aridität in den Randbereichen der Wüsten. Es ist daher wahrscheinlich, dass die Häufigkeit und die Intensität bzw. die Dauer von Trockenphasen in diesen Gebieten zunehmen werden.

Am Beispiel der großen Dürrekatastrophen in Afrika lässt sich der Problembereich von Verarmung, Unterentwicklung und Katastrophen am deutlichsten erkennen. Dürren durch mehrere aufeinander folgende Trockenjahre gehören an sich zum normalen Klimageschehen in den Randbereichen der Wüsten. Sie



Abb. 4 und 5: Lager von Dürreflüchtlingen im Sudan (Foto: F. Ibrahim)

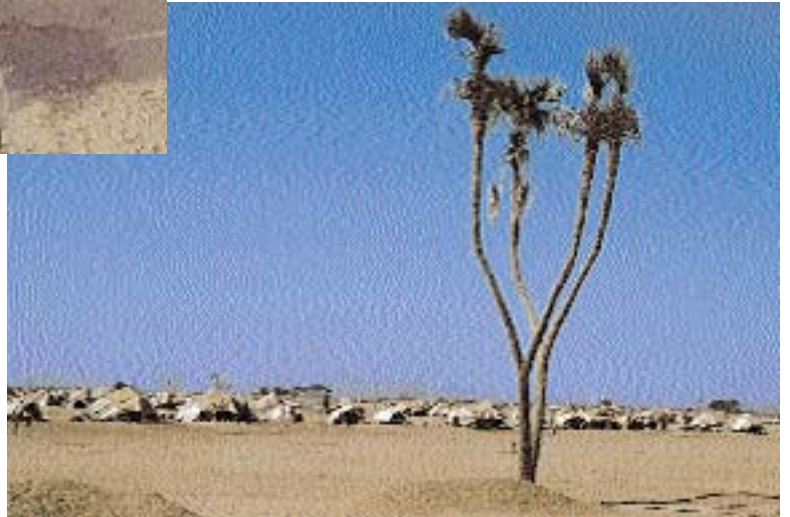
führen zu einem partiellen oder im Extremfall sogar totalen Ernteausfall, der dann unter bestimmten Umständen in den betroffenen Gebieten eine Hungerkrise auslösen kann.

In zahlreichen wissenschaftlichen Arbeiten wurde untersucht, wie differenziert die Bewohner dürrgefährdeter Gebiete ihre Lebens- und Wirtschaftsweise an die natürlichen Bedingungen ihres Lebensraumes angepaßt haben. Auch die Überlebenssicherung in Krisenzeiten gehört zu den Anpassungsstrategien, wie die Untersuchungen des Bayreuther Geographen Fouad Ibrahim (in Tansania und Sudan) und die Forschungen des ebenfalls in Bayreuth lehrenden Ethnologen Gerhard Spittler (bei den Tuareg in Mali und Niger) eindrucksvoll gezeigt haben.

Doch die Überlebenssicherung in Krisenzeiten ist von der Resistenz autochthoner Wirtschafts- und Gesellschaftssysteme gegen die Krise abhängig. Zu Katastrophen mit einer großen Zahl von Todesopfern kommt es immer dann, wenn die lokalen Strategien der Existenzsicherung und die Mechanismen der externen Versorgung versagen. Die Sahelzone erlebte im Verlauf des 20. Jahrhunderts vier große durch Dürren ausgelöste überregionale Hungerkatastrophen (1910-14, 1944-49, 1969-74 und 1981-85), die Millionen von Menschen das Leben gekostet haben. Die beiden letzten weitgehend unbeachtet von

der Weltöffentlichkeit abgelaufenen Hungerkrisen im Sudan zwischen 1984 und 1986 und noch einmal zum Ende der neunziger Jahre forderten allein in der Provinz Darfur

sich fragen, warum ausgerechnet dieser Katastrophentyp in der Forschung bisher wesentlich weniger Aufmerksamkeit erfahren hat als die spektakulären plötzlich auftretenden Schockereignisse. Vielleicht liegt es daran, dass Dürrekatastrophen doch erheblich komplexer sind, als es auf den ersten Blick erscheint. Katastrophen im Zusam-



im Westen des Landes über 100000 Todesopfer, wobei im Sudan auch der andauernde Bürgerkrieg im Süden und die schwere wirtschaftliche Krise des Landes das Ausmaß der Katastrophe verschärften (Abb. 4 und 5).

In der Katastrophenforschung haben Dürre- und Hungerkrisen in mehrfacher Hinsicht eine gewisse Sonderstellung im Vergleich zu den anderen Typen von Naturkatastrophen. Auf der einen Seite werden sie bei der disasterspezifischen naturwissenschaftlich ausgerichteten Katastrophenforschung wenig beachtet und in den von der Versicherungswirtschaft durchgeführten, an messbaren volkswirtschaftlichen bzw. versicherten Schadensfällen orientierten Bilanzierungen sogar oft völlig übersehen. Auf der anderen Seite handelt es sich hier um den Katastrophentyp mit den höchsten Opferzahlen, aber den zumindest theoretisch besten Möglichkeiten einer Frühwarnung und Prävention. Man kann

menhang mit Dürren sind „schleichende“ Phänomene, die in hochkomplexen Verursachungszusammenhängen an der Schnittstelle zwischen fragilen Ökosystemen und verwundbaren Gesellschaftssystemen ablaufen, und die deshalb auch besondere Anforderungen an eine interdisziplinär organisierte Forschung stellen.

#### 4. Forschungsfelder an der Schnittstelle zwischen Natur- und Sozialwissenschaften

Die vorausgehenden Darstellungen haben gezeigt, dass die Analyse der Prozessgefüge, die zu Naturkatastrophen führen, und die Suche nach vorbeugenden Schutzmaßnahmen unbedingt die Zusammenhänge zwischen natürlichen und gesellschaftlichen Prozessen einbeziehen müssen. Dabei sind mehrere Aspekte zu unterscheiden, die sich auf die externe Bedrohung und das interne Bewältigungspotenzial beziehen. Diese Teilaspekte lassen sich als konkrete Forschungsfelder

benennen:

1. Zunächst ist die Exposition gegenüber spezifischen Naturgefahren zu bestimmen, die immer dann besteht, wenn Menschen in gefährdeten Gebieten leben, zum Beispiel im Überschwemmungsbecken eines Flusses, in einer Erdbebenzone oder am Fuße eines Vulkans.

2. Es ist zu prüfen, in welcher Weise und in welchem Maße die Menschen bei Eintreten des Extremereignisses zu Schaden kommen können, d.h., wie verwundbar sie dadurch sind. Die Vulnerabilität hängt ganz wesentlich von den zuvor ergriffenen Schutzmaßnahmen und von der Fähigkeit zur Bewältigung von Katastrophen ab. Beides zusammen, die Wahrscheinlichkeit des Eintretens eines Extremereignisses und die dabei zu erwartenden Schäden ergeben das Risiko für die Menschen, die in einer Gefahrenzone leben. Der Fokus der sozialwissenschaftlichen Katastrophenforschung richtet sich auf die vulnerablen Gruppen und die Frage, welche sozialen, ökonomischen und politischen Faktoren zur Vulnerabilität dieser Gruppen beitragen.

3. Die Wahrnehmung des Risikos durch die Betroffenen spielt eine entscheidende Rolle bei ihren Versuchen, sich dagegen zu schützen. Die unmittelbare Auseinandersetzung mit den Akteuren, ihrer subjektiven Perspektive und den Motiven ihres Handelns ist die Voraussetzung dafür, das gesellschaftliche Geschehen vor, während und nach einer Katastrophe zu verstehen.

4. Naturkatastrophen in Entwicklungsländern sind nicht als isolierte Ereignisse zu erfassen, sondern sie stehen im Zusammenhang mit längerfristigen Prozessen der Verarmung, mit Wirtschaftskrisen und politischer Destabilisierung (siehe Weltentwicklungsbericht 2000/2001 der Weltbank, S. 197 ff.). Dieser erweiterte Kontext sollte in einem umfassenden Forschungsansatz berücksichtigt werden.

5. Eine wichtige Aufgabe von anwendungsorientierter Forschung an der Schnittstelle von Natur- und Sozialwissenschaften besteht in der Erarbeitung von angepassten Frühwarnsystemen, die auf die spezifischen Bedingungen von Entwicklungsländern ausgerichtet sein müssen. Man kann nicht einfach die technisch anspruchsvollen und entsprechend teuren Messnetze übernehmen, die in wohlhabenderen Ländern zum Einsatz kommen. Angepasste Frühwarnsysteme gegen dürrebedingte Hungerkatastrophen müssen die Wahrnehmung und die Kenntnisse der betroffenen Bevölkerung einbeziehen und können daher die systematische Beobachtung sozioökonomischer Indikatoren zur Grundlage machen.

6. Die Erholungsfähigkeit der Bevölkerung nach einer Katastrophe muss erfasst und beobachtet werden, um sinnvolle Ansätze für einen externen Unterstützung des Wiederaufbaus zu identifizieren.

7. Schließlich und endlich richtet sich das Forschungsinteresse auf Möglichkeiten und Grenzen der Katastrophenprävention. Dies ist der entscheidende Beitrag, bei dem eine enge Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft, Politik und Entwicklungspraxis erforderlich ist.

### 5. Zentrum für Naturrisiken und Entwicklung in Bayreuth (ZENEB)

An der Universität Bayreuth hat sich im Laufe des Jahres 2001 eine interdisziplinäre Forschergruppe aus Sozial- und Geowissenschaftlern konstituiert, die an den oben aufgeführten Forschungsfeldern arbeiten. Der weitere Aufbau eines Zentrums für Naturrisiken und Entwicklung (ZENEB) wird vom bayrischen Wissenschaftsministerium durch die Anschubfinanzierung der Stelle einer wissenschaftlichen Mitarbeiterin unterstützt. Die Stelle wird inzwischen besetzt von Andrea Jöckel, die im Rahmen

ihrer Doktorarbeit im Sudan bereits einschlägige Erfahrungen zum Thema sammeln konnte, und sich nun seit September 2001 an der konzeptionellen und organisatorischen Arbeit des Zentrums beteiligt. Zu den ersten gemeinsamen Aktivitäten der Gruppe in Bayreuth gehörte die Mitarbeit an dem Pilotband des gegenwärtig vom United Nations Development Programme (UNDP, Genf) erstellten „World Vulnerability Report“. ZENEB-Bayreuth kooperiert auf Bundesebene mit verschiedenen universitären und außeruniversitären Forschungseinrichtungen, mit technischen Durchführungsorganisationen der Katastrophenhilfe (THW, Rotes Kreuz) und der Entwicklungszusammenarbeit (Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit GTZ und verschiedene Nichtregierungsorganisationen) und ist dabei in ein Netzwerk eingebunden, das zusammen mit einem weiteren Zentrum in Bonn betreibt wird.

Das spezifische Profil von ZENEB-Bayreuth ergibt sich aus dem herausragenden regionalen Schwerpunkt der Universität in der Afrika-Forschung. Diese in Bayreuth vorhandene Regionalkompetenz lässt sich hervorragend mit der oben beschriebenen interdisziplinären Programmatik verbinden. Das Zentrum versteht sich als Katalysator zwischen verschiedenen Disziplinen an der Nahtstelle von Geowissenschaften und Sozialwissenschaften und in Verbindung zu Institutionen der Praxis. Die ZENEB-Gruppe in Bayreuth ist prinzipiell offen für weitere Interessentinnen und Interessenten, die in konzeptioneller Diskussion und konkreter Forschung kooperieren wollen. □



# Ferner Nachbar

## Humangeographische Forschung

*Nordafrika liegt vor der Haustüre Europas, es ist gewissermaßen unser Nachbar. In nur drei Flugstunden gelangt der deutsche Tourist nach Casablanca oder Tunis. Trotz der räumlichen Nähe ist uns Nordafrika mental erstaunlich fern. Von Marokko bis Ägypten treffen wir auf die zu Europa nächstgelegenen Länder, die wir immer noch mit dem negativ gewendeten Etikett der Drittweltländer bezeichnen. Und durch die Religion des Islam, die die Kultur und Gesellschaft Nordafrikas mitprägt, erscheint uns diese Region als fremd, manchen sogar - man denke nur an den Fundamentalismus in Algerien - als bedrohlich. Zudem drängen große Mengen emigrationswilliger Menschen in die „Festung Europa“.*

*Die humangeographischen Forschungen über die Region Nordafrika, die an der Universität Bayreuth zentral vertreten sind, versuchen nicht nur, unsere Kenntnis über diese Region zu verbessern, sondern auch dazu beizutragen, die Menschen in ihrem Handeln vorurteilsfreier zu sehen und für eine positive Sicht der Andersartigkeit dieser Menschen zu werben. Daneben zeigen diese Forschungen auf, dass Nordafrika auch wirtschaftlich unser Partner (etwa im Rahmen der Euro-Mediterranen Partnerschaft) sein kann.*

*Im folgenden soll anhand zweier ausgewählter thematischer und regionaler Fallstudien diese Janusköpfigkeit unserer Wahrnehmung von Nordafrika thematisiert werden, und zwar anhand des (aus Europa gespeisten) Tourismus in die Maghrebländer Marokko und Tunesien sowie anhand der Überlebensstrategien der Kleinbauern im ägyptischen Niltal.*

### Kultur- und Bildungsreisen

Marokko, Tunesien und Ägypten (übrigens auch Algerien und Libyen) besitzen reiche Potenziale, die für Kulturreisen erschließbar sind: von antiken Ruinen über islamische Kultbauten und Stadtkultur bis zu abwechslungsreichen Natur- und Kulturlandschaften, einer vielfältigen ländlichen Alltagskultur und dem Mythos der Wüste. Ägypten und Marokko haben den Kulturtourismus, der solche Potenziale nachfragt, mittlerweile stark entwickelt, und er nimmt einen gewichtigen Anteil am Gesamttourismus ein.

Die überwiegend als Gruppenreise durchgeführten Studienreisen betreffen eine Teilnehmerschaft, die meist akademischer Herkunft und wirtschaftlich wohlhabend ist. Von ihrer Altersstruktur her dominieren die Senioren. Das erklärte Ziel der Teilnehmer einer Studienreise ist es, „Land und Leute“ des bereisten Landes kennenzulernen, also etwas, was positiv gewendet als Beitrag zur interkulturellen Kommunikation gelten kann. Doch die Realität sieht anders aus. Die Reiseteilnehmer kommen ins Land mit einer Fracht von Vorurteilen und Klischees, die sie nicht zuletzt aus der Lektüre von Reiseführern schöpfen. Aus sprachlichen Gründen scheitert ohnehin jegliche echte Kommunikation mit Einheimischen. Und der Luxus im klimatisierten Bus und dem abendlichen 4-Sterne-Hotel verhindert von Vorneherein eine stärkere Annäherung an die Bevölkerung des Landes. So bleibt als unbefriedigende Quintessenz, dass sich nur wenige Einschätzungen der Studienreiseteil-

## Tourismus gibt es nicht nur in Djerba und Agadir

Herbert Popp

Marokko und Tunesien gehören zu denjenigen Ländern am Mittelmeer, in die jährlich zahlreiche deutsche Touristen einreisen: 1997 lag die Zahl der Deutschen in Marokko bei 444.000 und in Tunesien gar bei 1.111.000. Die entsprechenden jährlichen Übernachtungszahlen liegen bei 2,21 Mio. bzw. 10,37 Mio. Der größte Teil dieser Zahlen bezieht sich auf einen Küsten- und Badetourismus zwischen Nabeul und Djerba sowie in Agadir; also auf das klassische Nachfrage-segment „Sonne und Strand“ der Mittelmeerländer. Seit etwa zwei

Jahrzehnten breiten sich aber vermehrt auch andere Tourismusformen in Nordafrika aus, die rasch an Bedeutung gewinnen und für die „bereiste Bevölkerung“ wirtschaftlich von hoher Bedeutung sind, auch wenn sie nicht immer völlig konfliktfrei ablaufen: (1) Kultur- und Bildungsreisen, (2) Gebirgstrekking, (3) Wüsten- und Abenteuer-tourismus sowie (4) Freizeit-wohnsitze in historischen Altstädten. Über diese Ausprägungen des Tourismus und seine Auswirkungen soll der nachfolgende Beitrag informieren.

# Mar Nordafrika

## Reisen zu Wirtschaft und Kultur

nehmer durch die Reise verändern. In Marokko halten die Teilnehmer so z.B. nach ihrer Studienreise dieses nordafrikanische Maghrebland für kein lediglich attraktives Badeziel mehr, für industriell stärker entwickelt als vermutet, für ein demokratisches und überraschend sauberes Land mit gegenüber den Touristen z.T. recht aufdringlichen Bewohnern, größeren Rechten für die Frauen als vermutet und einem Fundamentalismus, der viel marginaler ist als erwartet.

Auf Studienreisen werden bereits vorhandene Klischees weitgehend bekräftigt und verstärkt. Zwar kommt neues Wissen hinzu, aber dieses ist im Verhältnis zu den emotionalen Inhalten von untergeordneter Bedeutung. Es werden durch eine Studienreise vor allem solche Aspekte wahrgenommen und in das bereits bestehende Marokko-Image integriert, die kein kulturelles Umdenken oder gar ein Sich-Einlassen auf die fremde Kul-

tur erfordern. Folglich ändert sich das Image auch nur unbedeutend. Bei den Teilnehmern ist offenbar der Wunsch einer dosierten und kontrollierten Begegnung mit der Fremde vorhanden – eine Erwartungshaltung, die von den Studienreisenden ja auch geleistet wird, sodass die Zufriedenheit der Studienreisenden hoch ist. Den hohen Anspruch, den die Studienreisen stellen, können sie indes nicht einlösen: es bleibt bei einer oberflächlichen Begegnung mit der Fremde.

**Gebirgstrekking im Hohen Atlas**  
Zu den Tourismusformen, die als Gegenwelt zum beruflichen Alltag in Europa einen stets steigenden Stellenwert einnehmen, gehört mittlerweile das Gebirgstrekking. In einer Kombination von sportlicher Wanderleistung, dem Genießen reizvoller Landschaften und einer Begegnung mit einer ländlich-rustikalen Kultur, die als Rei-



Der Besuch des 1987 von der UNESCO als Weltkulturerbe ausgewiesenen Berberdorfs Aït Ben Haddou (im Bildhintergrund) ist ein muß für jeden Studienreiseteilnehmer nach Maroko.

MAGHREB-STUDIEN	
Herausgegeben von HERBERT POPP	
Heft 1:	A. Bencherifa & H. Popp (Hrsg.): <i>Le Maroc : espace et société</i> . (1990).
Heft 2:	A. Bencherifa & H. Popp: <i>L'oasis de Figuig. Persistance et changement</i> . (1990).
Heft 3:	H. Lang: <i>Der Heiligenkult in Marokko. Formen und Funktionen der Wallfahrten</i> . (1992).
Heft 4:	H. Popp (Hrsg.): <i>Die Sicht des Anderen – Das Marokkobild der Deutschen, das Deutschlandbild der Marokkaner</i> . (1994).
Heft 5:	M. Bernane, H. Hopfinger, A. Kagemmer & H. Popp: <b>REMIGRATION NADOR I: Regionalanalyse der Provinz Nador (Marokko) – Analyse régionale de la province de Nador (Maroc)</b> . (1996).
Heft 6:	A. Kagemmer: <b>REMIGRATION NADOR II: Der tertiäre Sektor im ländlichen Raum der Provinz Nador (Marokko) unter dem Einfluß der Arbeitsmigration – Le secteur tertiaire en milieu rural de la province de Nador (Maroc) et les effets de l'émigration du travail</b> . (1999).
Heft 7:	A. Bencherifa & H. Popp: <b>REMIGRATION NADOR III: Landwirtschaftliche Entwicklung in der Provinz Nador (Marokko) unter dem Einfluß der Arbeitsmigration – Le développement agricole dans la province de Nador (Maroc) et les effets de l'émigration du travail</b> . (2000).
Heft 8:	M. Bernane & H. Hopfinger: <b>REMIGRATION NADOR IV: Stadtentwicklung im Großraum der Stadt Nador (Marokko) unter dem Einfluß der Arbeitsmigration – Le développement urbain dans le Grand Nador (Maroc) et les effets de l'émigration du travail</b> . (2002, i. Druck).
Heft 9:	M. Wütsch: <i>Studienreisen nach Marokko – Angebote, Teilnehmerkreis, Reise motive, Images</i> . (1998).
Heft 10:	M. Bernane & H. Popp (Hrsg.): <i>Migrations internationales entre le Maghreb et l'Europe. Les effets sur les pays de destination et d'origine</i> . (1998).
Heft 11:	U. Blument: <i>Wüstentourismus in Südmarokko. Das Beispiel des Tafilalet</i> . (1998).
Heft 12:	H. Popp (Hrsg.): <i>Lokale Akteure im Tourismus der Maghrebländer. Resultate der Forschungen im Bayrischen Forschungsverbund FORAREA 1996-1998</i> . (1999).
Heft 13:	M. Alt-Hamza: <i>Mobilité socio-spatiale et développement local au Sud de l'Atlas marocain (Dades-Todgha)</i> . (2002).
Heft 14:	M. Bernane & A. Kagemmer (Hrsg.): <i>Le Maroc à la veille du troisième millénaire : chances et risques d'un développement durable</i> . (2001).



sepaket zudem noch sehr preiswert, da wenig luxuriös ist, nimmt das Trekking bereits ein nicht mehr vernachlässigbares Marktsegment ein, das zudem tendenziell weiter zunimmt.

Während bekannt ist, dass das Trekking in Nepal mittlerweile erhebliche Belastungen und Negativeffekte infolge zu großer Beteiligungszahlen aufweist, ist das Gebirgstrekking im Atlasgebirge noch weit weniger stark durch zu große Zahlen geprägt. Vielmehr stellt dieser Reisetyp bei optimalen Voraussetzungen für den Trekker (trotz Höhen bis über 4.000 m leicht zu begehende Berge, reizvolle Landschaft in einer Kombinati-

on aus Gebirgsschluchten, malerischen Berberdörfern und gastfreundlichen Menschen) eine Entwicklungschance für solche Regionen dar, die infolge infrastruktureller Defizite (keine Straßen, keine Schulen, keine Sanitärstationen) keine alternativen zusätzlichen Einnahmequellen besitzen. Als eines der Zentren des Trekking-Tourismus hat sich der Zentrale Hohe Atlas um den Gipfel des Dschebel Mgoun zwischen dem Tal von Aït Bouguemez und Kelaât Mgouna an der Südabdachung des Atlasmassivs entwickelt.

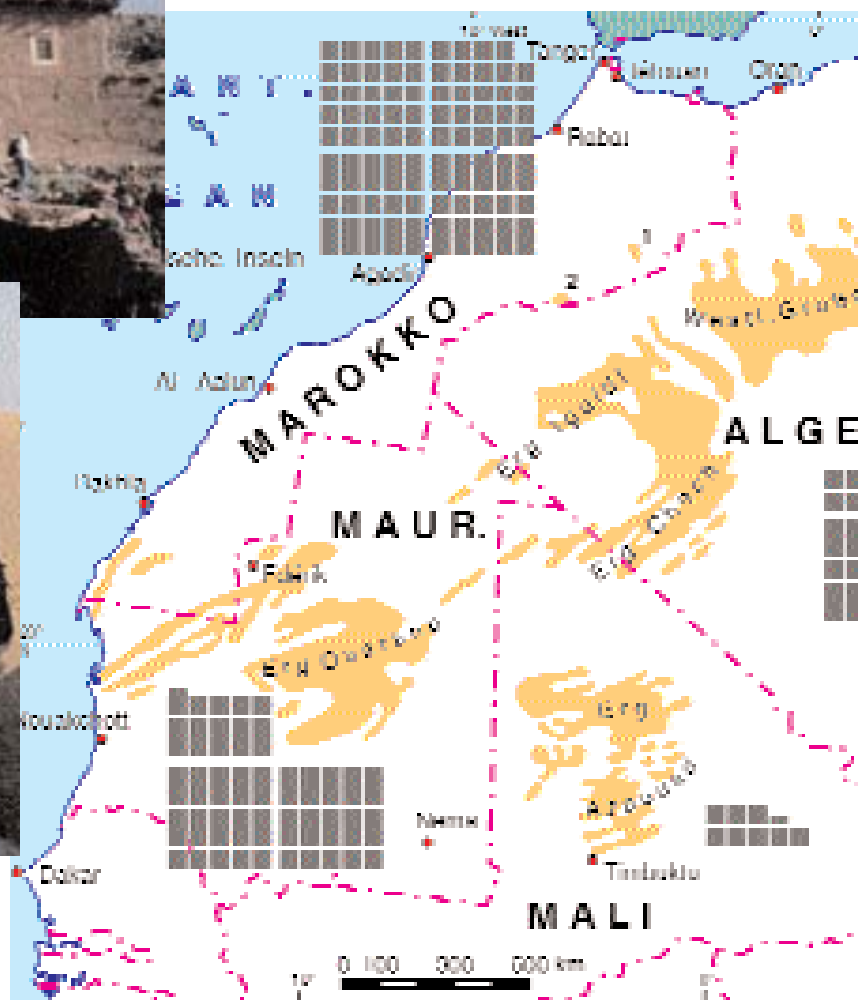
Im Rahmen eines französisch-marokkanischen Entwicklungsprojektes wurde die Einrichtung von Privatpensionen in den Häusern (sog. gîtes d'étape), die

Ausbildung von Gebirgsführern und eine groß-angelegte Werbekampagne in Europa durchgeführt. Das Ergebnis kann sich sehen lassen: ca. 10.000-15.000 Trekker kommen jährlich in die Region und bewirken positive regionalökonomische Effekte. Durch die Vermietung in den Pensionen, durch Gebirgsführerdienste, durch das Vermieten von Maultieren für Trägerdienste, durch Kochen für die Touristen werden Zusatzeinnahmen erzielt, die von der Regionsbevölkerung positiv bewertet werden und die keineswegs nur auf wenige Nutznießer beschränkt sind. Die Frage der soziokulturellen Verträglichkeit ist demgegenüber differenzierter zu beantworten. Die Kontakte sind oberflächlich und selten. Die Berberbevölkerung versteht

oben: Bescheidene Unterkunft (gîte d'étape) für Trekking-Touristen im Hohen Atlas, hier in der Landschaft Ouzighimt



unten: Nomaden sind begehrte Fotoobjekte für europäische Wüstentouristen (hier im südmarokkanischen Tafilalet)



Angebote an Wüstenreisen nach Nordafrika  
(Wander-, Kameltrekking- und Rundreisen)  
französischer Reiseveranstalter  
Kataloganalyse 2000



die „verrückten Touristen“, die sich sinnlos anstrengen und dafür auch noch Geld bezahlen, nicht. Aber man respektiert die Europäer und nimmt wahr, dass man von ihnen profitiert. Umgekehrt sind die meisten Trekker einfühlend und respektieren die Sitten und Gebräuche des Atlasgebirges (kein Alkohol; bei Frauen: keine nackten Schultern, keine Shorts). Und auch die Umweltbelastung durch die Trekker ist eher gering. Infolge Übernachtung und Verpflegung in den gîtes d'étape muss man keine Vorräte an Konserven mitnehmen und dementsprechend keine leeren Dosen entsorgen. Wenn Konflikte auftauchen, dann meist nur aus Unwissenheit: So etwa wenn sich Touristen in am Rand von Tälern austretendem Quellwasser die Zäh-

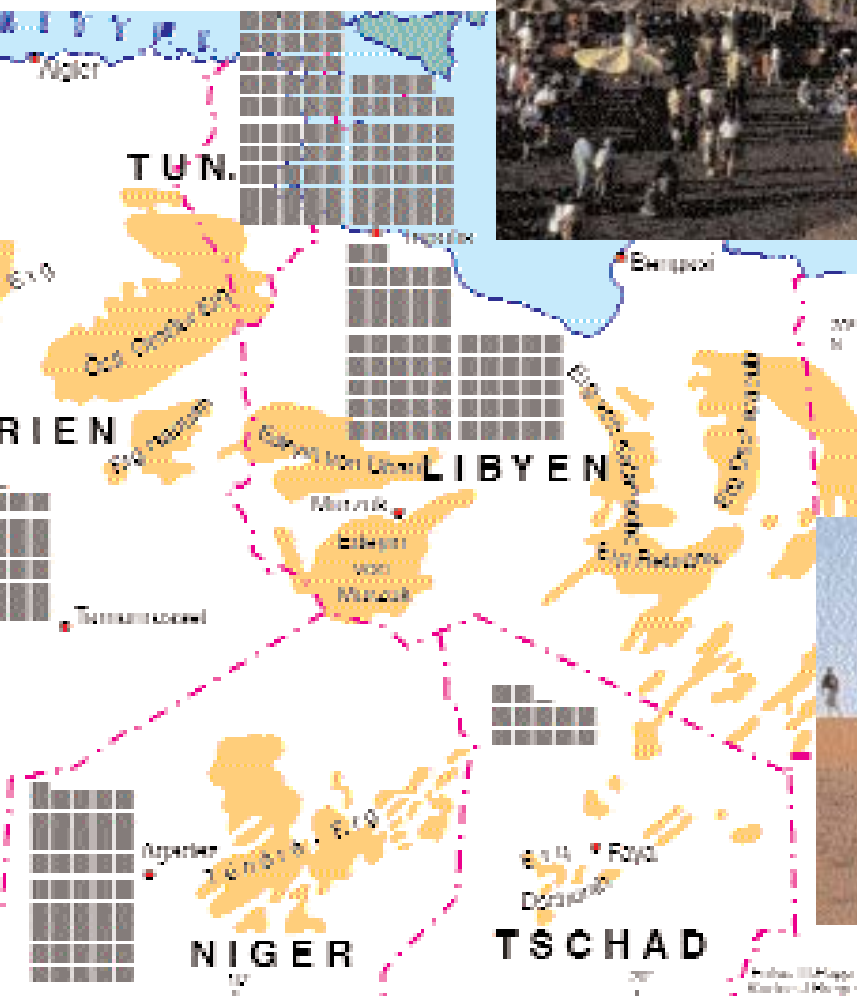
ne putzen und es mit Seife verunreinigen, nicht wissend, dass es sich hier um das Trinkwasser der Regionsbevölkerung handelt. Die Bilanz des Trekking-Tourismus ist positiv. Wir haben es mit einem Tourismus zu tun, der der Idealvorstellung eines „nachhaltigen Tourismus“ nahe kommt: öko-

nomisch für die Regionsbevölkerung ein Zugewinn, soziokulturell ohne spektakuläre Konflikte und ökologisch weitgehend verträglich.

### Wüsten- und Abenteuer-tourismus

Die Wüste besitzt für die meisten Europäer mythisch verklärte, posi-

*Marrakesch - Objekt europäischer Orientalismusmythen und stark nachgefragter Standort wohlhabender Immobilieninvestoren.*



tive Vorstellungen, die im letzten Jahrzehnt verstärkt dazu geführt haben, eine derartige Extremlandschaft auch touristisch kennenlernen zu wollen. Die Wahrnehmung der Wüste ist allerdings extrem einseitig; der Tourist will eigent-



*Zahlreiche Touristen erleben den Sonnenaufgang in der Wüste (hier am Erg Chebbi) als emotionales Highlight.*

lich nur Sandwüste (Erg) kennenlernen, obwohl sie nur ein Fünftel der Sahara ausmacht. Dementsprechend konzentriert sich der Wüstentourismus auf solche Sanddünenkomplexe.

Die Sehnsucht nach der Wüste wird inzwischen in ansehnlicher Weise vermarktet. Spezialreiseveranstalter (auch in Deutschland) konzentrieren sich auf dieses Reisesegment. Wie bereits für den Gebirgstrekkingtourismus erwähnt, ist auch der Wüstentourismus eine wirtschaftliche Chance für unwirtliche, periphere Regionen, deren Bevölkerung nur spärliche Einnahmequellen besitzt. Besonders hohe emotionale Qualitäten für die Reiset Teilnehmer besitzt das Erleben eines Sonnenaufganges über der Wüste. Dafür sind Touristen bereit, größere Strapazen auf sich zu nehmen.

Räumlich konzentrieren sich die Zentren des Wüstentourismus gerade auf die Länder Nordafrikas, die die geringste Anteile an Sandwüste besitzen: Marokko und Tunesien. Die sanddünenreichen Länder gelten entweder als politisch unsicher (Algerien) oder als infrastrukturell zu wenig zuverlässig (Mauretanien, Mali, Niger) oder sind erst seit wenigen Jahren durch die Beendigung des Lockerbie-Flugembargos (Libyen) touristisch zugänglich geworden. Marokko und Tunesien gelten dagegen als sichere Reiseländer: Der Große Östliche Erg in Tunesien ist eines der Zentren des Wüstentourismus; in Marokko konzentriert sich der Wüstentourismus sogar ganz überwiegend auf einen einzigen Sandkörper, den Erg Chebbi, der mittlerweile als die meistbesuchte Sandwüste Nordafrikas gelten kann.

Mit der Wüstenwahrnehmung der Europäer untrennbar verbunden ist die Vorstellung von Nomaden, die in diesem Raum leben und die auch als „Objekte“ der Begegnung nachgefragt werden. Der Besuch eines (angeblich authentischen)

Nomadenzelt, das Sehen und vor allem das Fotografieren eines (angeblich authentischen) Touareg runden das Wüstenerlebnis ab. Obwohl dem Touristen lediglich die erwarteten Klischees geboten werden, ist er zufrieden und sonnt sich in dem Glauben, nun ganz hautnah Wüste und Nomaden erlebt zu haben.

### Freizeitwohnsitze in historischen Altstädten

Zu der Vorstellung der Europäer vom Orient gehört auch das bauliche Ambiente und eine Wohnkultur, wie sie in den historischen Altstädten der Maghrebländer eindrucksvoll ausgeprägt ist. Der bauliche Reiz der Altbausubstanz mit Innenhof, andalusische Gärten, Exotik von Gewürzen und Kunsthandwerk sind Elemente von Orientalismusträumen, die sich für Europäer heute leicht realisieren lassen. Die Medinen der Maghrebländer entvölkern sich nämlich derzeit und werden als Wohnstandort für Einheimische zunehmend weniger attraktiv, da ihre Erreichbarkeit mit Kfz. gering ist und ein sozialer Abstieg der Bewohnerschaft erfolgt. Damit sind Häuser in der Medina von Einheimischen wenig nachgefragt, sie degradieren und werden preiswert zum Kauf angeboten. Für Europäer ist es mit (für sie) eher bescheidenen Investitionen möglich, einen heruntergekommenen Innenhofkomplex eines Wohnhauses (eines sog. Riad) zu restaurieren und als exotische, chice Stadtbehausung umzugestalten, die man zudem auch noch als stilvolles, hochpreisiges Pensionsangebot vermarkten kann.

Die Altstädte von Marrakech, von Essaouira, von Azilah und von Tanger, daneben auch die Kasbah von Rabat sowie Teile der Medina von Tunis haben ganz in diesem Sinne ihre Eigentümer gewechselt. In Essaouira dominieren mittlerweile die Europäer; in Marrakech sind es ebenfalls bereits Hunderte, die sich einen Riad erworben ha-

ben. Im Falle Marrakechs wird der Prozess der „Europäisierung“ der Medina in starkem Maße von der Gay-Szene getragen.

Unter dem Aspekt des Denkmalschutzes kann man erfreut sein, dass durch die Investitionen der Europäer der unaufhaltsame Degradierungsprozess der Medinen nun gestoppt wird. Die Bausubstanz wird zwar nicht authentisch wiederaufgebaut, sondern so, wie sich Europäer den Orient vorstellen (und das hindert z.B. nicht, in den Innenhöfen Swimming pools anzulegen), aber es wachsen neue wirtschaftliche Aktivitäten in den Medinen heran, die zuvor selbst über den Status eines UNESCO-Weltkulturerbes (für Marrakech oder Fès) nicht bewirkt wurden. Hinsichtlich des Lebensstils ist der neue Kreis von Eigentümern aber ein Fremdkörper. Ausschweifende Aktivitäten stehen nicht im Einklang mit denen der (noch dort wohnenden) einheimischen Nachbarn. Die ökonomische Potenz der Europäer und die verstärkt einsetzende Nachfrage nach Riads verdrängt die marokkanischen Bewohner zunehmend aus ihren Vierteln. Die neuen Bewohner denken gar nicht daran, ein rücksichtsvolles und angepasstes Verhalten an den Tag zu legen. Ist dies eine neue Form von Wirtschaftskolonialismus? Werden fast 90 Jahre, nachdem General Lyautey es den Europäern (während der französischen Protektoratszeit) verboten hatte, in den Medinen wirtschaftlich aktiv zu werden, diese Altstädte eine Domäne der Europäer? Es sieht ganz danach aus. □



# Lokales Handeln und ländliche Entwicklung in Ägypten

Detlef Müller-Mahn

## Bericht über ein Forschungsprojekt

Auf den ersten Blick wirken die Dörfer und Feldfluren in Oberägypten auch heute noch geradezu archaisch (Foto 6). Doch der Eindruck täuscht: Die ägyptische Landbevölkerung erlebt gegenwärtig einen dramatischen Umbruch ihrer Lebens- und Wirtschaftsbedingungen durch im wesentlichen extern induzierte Veränderungen, beispielsweise im Rahmen der wirtschaftlichen Deregulierung, der internationalen Arbeitsmigration und der Globalisierung.

In einem von der DFG geförderten Forschungsprojekt wurden von 1992 bis 1998 Untersuchungen auf Haushaltsebene in Dörfern in Oberägypten ca 300 km südlich von Kairo und im Nildelta durchgeführt. Im Mittelpunkt stand dabei die Frage, wie lokale Akteure auf die externen Entwicklungsimpulse reagieren und dabei den sozialen und räumlichen Wandel innerhalb ihrer Dörfer gestalten. Der spezifisch geographische Ansatz bestand darin, eine akteurszentrierte Analyse individueller Handlungsstrategien mit übergeordneten räumlichen Ebenen in Zusammenhang zu bringen, also zu schauen, wie das Zusammenwirken vieler einzelner Akteure die Veränderung von Dörfern und von größeren regionalen Einheiten prägt.

Eine zunächst rein räumliche Veränderung lässt sich am Beispiel der Siedlungsentwicklung eines oberägyptischen Dorfes erkennen, das hier nebenstehend in einer Kartierung des Baualters der Häuser dargestellt ist (Abb. 2). Im Zentrum sieht man auf der Karte den kreisförmigen alten Ortskern, der etwa

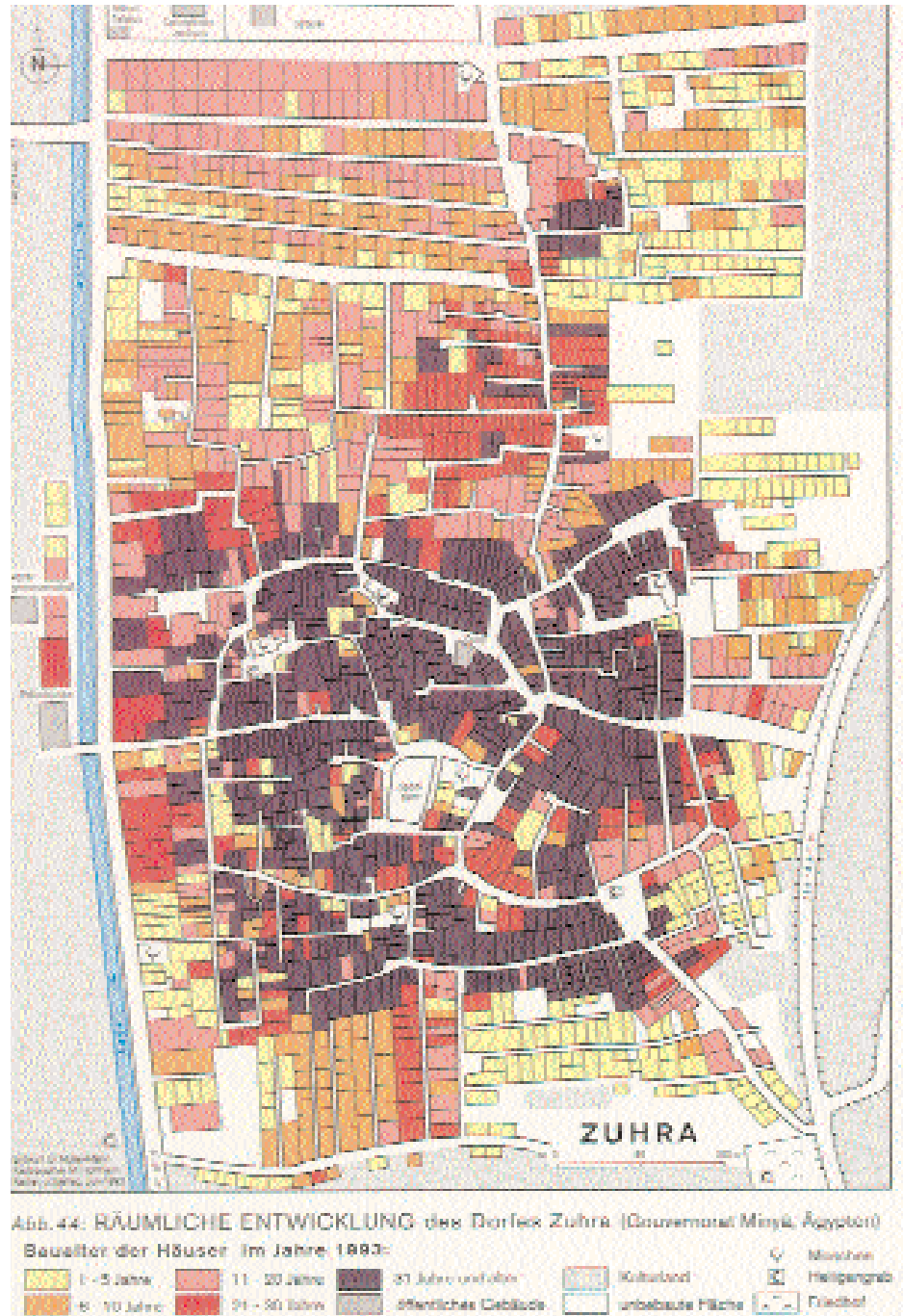


Abb. 2: Zuhra, ein Dorf am Nil, 300 km südlich von Kairo, zeigt eine erhebliche Wachstumsdynamik seiner Siedlungsfläche. Neben dem Dorfkern erkennbar sind jüngere Erweiterungen mit weitgehend regelmäßigem Straßengrundriss.



*Foto 6: Ein Fellache reitet auf seinem Esel durch einen Palmenhain am Nil. Dieses biblisch anmutende Motiv darf nicht darüber hinwegtäuschen, dass im ländlichen Ägypten keineswegs die Zeit stehen geblieben ist. Vielmehr sind grundlegende Veränderungen zu verzeichnen.*

dem Siedlungsstand Mitte des 20. Jahrhunderts entspricht. Danach, vor allem seit den siebziger Jahren hat sich die Siedlung geradezu explosionsartig entwickelt. Das extreme Flächenwachstum von Dörfern und Städten in Ägypten ist nicht allein durch das Bevölkerungswachstum zu erklären, sondern auch durch wirtschaftliche Faktoren wie beispielsweise das Investitionsverhalten von Arbeitsmigranten, die ihr im Ausland verdientes Geld bevorzugt in den Bau von Häusern investieren. Die Expansion der Siedlungsflächen geht einher mit einem Verlust an



*Foto 7: Die Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktion, hier in Form der Ernte von Grünkern (Frik), ist eine der Strategien zur Überlebenssicherung.*



*Foto 8: Viele der ärmsten Familien sind auf außerlandwirtschaftliche Zusatzeinkommen angewiesen. Sehr verbreitet ist die Ziegelproduktion, die eigentlich verboten ist, weil durch sie wertvoller landwirtschaftlicher Boden abgetragen wird.*

Kulturland. Zusätzlich werden die Besitzflächen der Kleinbauern durch die Erbteilung zersplittert. Die zunehmende Verarmung und Verschuldung der ländlichen Unterschicht führt dazu, dass bereits heute der größere Teil der Fellachenfamilien nicht mehr von der Landwirtschaft leben kann. Die Menschen entwickeln in dieser Situation Überlebensstrategien, die zum Teil an traditionelle Praktiken anschließen. Dazu gehören eine Vielzahl von Aktivitäten, für die hier zwei Beispiele in den beiden Fotos (Fotos 7 und 8) gezeigt werden: Die Intensivierung der Agrarproduktion durch Veredelung und Weiterverarbeitung (hier die Ernte von Grünkern) dient dazu, von kleinsten Flächen ein Maximum an Gewinn zu erwirtschaften. Die kom-



merziell organisierte Produktion von Ziegeln für die lokale Bauwirtschaft ist eine typische Tätigkeit im infor-

mellen Sektor, einer Art „Nischenwirtschaft“. Das Rohmaterial zur Herstellung der Ziegel wird von den Ackerböden abgetragen. Die Ziegelherstellung ist illegal, weil sie über kurz oder lang zur völligen Zerstörung des Kulturlandes führt. Angesichts der begrenzten Ressourcen und der Verschlechterung der Lebensbedingungen auf dem Lande werden zukünftig immer mehr Menschen gezwungen sein, in die Städte abzuwandern. Ziel einer nachhaltigen ländlichen Entwicklung müsste es also sein, die Existenzbedingungen gerade der ärmsten Bevölkerung auf dem Land zu verbessern oder

wenigstens zu stabilisieren. Die auf lokaler Ebene durchgeführte Studie gibt dazu konkrete Hinweise. □

## Stadtmarketing als Lernprozeß

# Fünf Städte in fünf Ländern

Jörg Maier / Patricia Schläger-Zirlik

*Die Transformationsländer Slowakische Republik, Slowenien, Tschechische Republik und Ungarn stehen im Rahmen ihres Liberalisierungs- und Öffnungsprozesses hin zur Europäischen Union vor großen Herausforderungen. Seit Beginn der 90er Jahre sind deshalb auch in den Städten dieser Länder veränderte Philosophien bei der Erfüllung öffentlicher Aufgaben zu beobachten: Umorientierung im Selbstverständnis öffentlicher Verwaltungseinrichtungen vom Behördencharakter hin zu Dienstleistungsunternehmen mit einem Organisationsaufbau nach dem Vorbild privatwirtschaftlicher Unternehmen, unter dem Leitbild eines Stadtmarketing.*

## 1. Stadtmarketing - Definition, Funktionen, Vorgehensweise

Es gibt eine Vielzahl unterschiedlicher Handlungsansätze und Organisationsmodelle, die unter dem Begriff Stadtmarketing o.ä. firmieren, doch gibt es bisher keine einheitliche Theorie des Stadtmarketing. In Anlehnung an Grabow/Hollbach/Grömig soll Stadtmarketing definiert werden als eine kooperative Stadtentwicklung mit dem Ziel der Aufwertung einer Stadt und ihrer Leistung für Bürger, Wirtschaft und Auswärtige durch verbesserte Kommunikation und langfristige Partnerschaft zwischen allen, die an der Gestaltung des Le-

bensraumes Stadt mitwirken, durch die gemeinsame Entwicklung und Umsetzung konkreter Projekte auf der Grundlage von partnerschaftlich erarbeiteten Leitlinien.

Die wesentlichen Merkmale von Stadtmarketing sind damit die differenzierte Ansprache der verschiedenen Zielgruppen innerhalb und außerhalb der Stadt, die Durchführung des gesamten Marketing-Management-Prozesses von der Informationsgewinnung bis zur abschließenden Kontrolle, die Leistungsausrichtung der Stadt auf Bürger und Zielkunden, die Betrachtung aller stadtrelevanten Bereiche (z.B. Einzelhandel, Gastronomie, Image, Kultur, Sport und Freizeit, Verkehr, Wohnen), die Einbindung einzelwirtschaftlicher und verbandsorientierter Interessen z.B. durch Public Private Partnership und die Umsetzungsorientierung der Maßnahmenkataloge. Stadtmarketing beginnt in der Praxis meist durch die Initiative der Stadt (Bürgermeister und/oder Stadtverwaltung), aber auch Private (v.a. Einzelhandel, Industrie- und Handelskammern), was vielfach Rückschlüsse auf gewisse Schwerpunktsetzungen im Rahmen des Stadtmarketingprozesses nahelegt. Nach Bildung einer Initiativ-Gruppe, in der die wichtigsten Vertreter der Stadt an einen Tisch gebracht werden, folgen die weiteren Schritte:



Abb. 1: Marketing-Mix-Bausteine einer Stadt

- Situationsanalyse/Bestandsaufnahme,
- Stärken-/Schwächen-Analyse,
- Erstellen von Visionen, Zielen und einem Leitbild,
- Erarbeitung von Strategien und Maßnahmen sowie
- deren Umsetzung (Implementierung).

## 2. Das Gemeinschaftsprojekt der fünf Städte und fünf Universitäten

Im Rahmen der Transnationalen Forschungskooperation der Universitäten und Städte Bayreuth, Bratislava, Maribor, Pécs und Plze im Rahmen der EU-Gemeinschaftsinitiative INTERREG II C unterstützt durch eine Förderung der Bayerischen Staatskanzlei wurde Stadtmarketing als innovative Strategie der Stadtentwicklung daraufhin überprüft, inwieweit es für die Städte in den Reformstaaten ein geeigneter Weg zur Lösung der ganz spezifischen Problemstellun-



gen sein kann. Zwischen den Projektpartnern auf Ebene der Universitäten besteht bereits eine langjährige wissenschaftliche Kooperation, die nun im Projektverlauf auf die Mitglieder der Stadtverwaltung in den einzelnen Städten ausgeweitet werden konnte. In den Arbeitsgruppentreffen, die seit Anfang 1999 mit wechselndem Standort in den Partnerstädten ausgerichtet werden, stehen die Berichte über den Projektfortschritt in den einzelnen Städten zur Diskussion. Dabei stand der Erfahrungsaustausch zwischen den Projektpartnern im Mittelpunkt, denn es sollte ein wechselseitiger Lernprozess initiiert werden. Die ausgesprochen gute Kooperation zwischen den Projektpartnern kann nicht hoch genug bewertet werden; der Austausch bei den einzelnen Arbeitsgruppentreffen führte zu einer sehr konstruktiven Zusammenarbeit. In der allgemeinen Diskussion wurde deutlich, daß der Bereich der Planung auch in den Transformationsstaaten fest verankert ist. Neu dagegen sind heute die Umsetzungsmechanismen (hier sind neue Steuerungsmodelle gefragt) und die Art der Erstellung der Pläne (Bürgerbeteiligung, Mitsprache von unterschiedlichen Interessengruppen). Vielfach sind die Gesetze und die Pläne in den Transformationsstaaten schon vorhanden, es mangelt jedoch an der konkreten Umsetzung in den Städten.

### 3. Zwei konkrete Beispiele - Fallstudien Pécs und Plzen

In Pécs wird den Aktivitäten zum Stadtmarketing ein hoher Stellenwert beigemessen; die Bereiche Stadtmarketing, Tourismusmarketing und Public Relations sind in einem Kabinettsbüro im Rathaus organisatorisch verankert. Auch zwischen Universität und Stadtverwaltung gibt es in Teilbereichen bereits eine enge Zusammenarbeit, die durch die gemeinsame Teilnahme am Interreg-Projekt noch vertieft werden konnte.

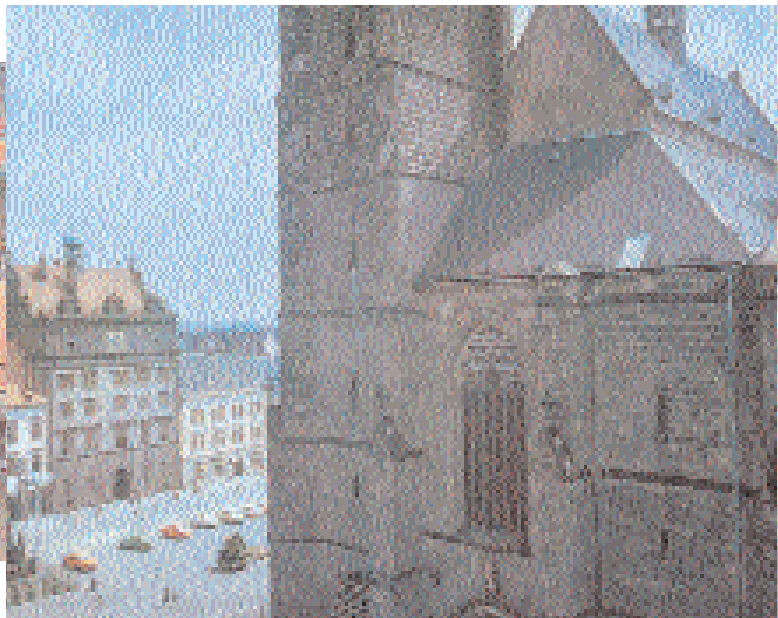
In Pécs als ehemaligem klassischen Industriestandort (Uranbergbau) ist der Strukturwandel zum Sektor Dienstleistungen weit vorangeschritten, in Teilen (z.B. im Einzelhandelsbereich) sogar schon etwas überdimensioniert, da nach der Wende hauptsächlich Investitionen im Tertiären Bereich (weniger in Richtung Industrie, produzierendes Gewerbe) getätigt wurden. Das Stadtmarketing steht und fällt jedoch mit dem persönlichen Engagement von Unternehmern bzw. Einzelhändlern und ihrer Bereitschaft, die Innenstädte zu gestalten. Der relativ hohe Anteil an Einzelhändlern in Pécs kann deshalb ein Wettbewerbsvorteil sein, doch sollte Bewußtsein geschaffen werden, daß der großflächige Einzelhandel in peripheren Standorten nicht nur den innerstädtischen Einzelhandel - und damit nicht nur

Angebote - verdrängt, sondern auch Unternehmertum, was ganz wichtig für das Idealbild einer mitteleuropäischen Stadt ist.

Pécs möchte nun seine historische Bedeutung als das letzte große Handelszentrum am „Tor zum Balkan“ wieder aufbauen. Neue Möglichkeiten und Chancen hierzu sieht man in der Gründung einer gemeinsamen Euroregion zwischen den Ländern Ungarn, Kroatien und Bosnien. Einen weiteren Entwicklungsimpuls erhofft man sich durch die Ausweisung des Helsinki 5 C-Korridors, durch den der Ausbau der Nord-Süd-Verkehrsverbindungen sichergestellt ist, allerdings gibt es bisher keine konkreten Pläne für eine Ost-West-Verbindung. Die größten Zukunftschancen sieht man in Pécs als regionalem Dienstleistungszentrum mit internationalem Rang im Hochschulsektor und in der Bedeutung der Stadt als Kulturzentrum mit positiven Effekten auf den Tourismus.

Das zweite Beispiel Plzen belegt, daß die Stadtmarketingaktivitäten die volle Unterstützung seitens des Oberbürgermeisters und des Wirtschaftsreferates erfahren. Nicht zuletzt die gute Zusammenarbeit zwischen dem Rektor der Universität, dem Oberbürgermeister und dem Stadtpla-

Maribor



Plze



Pécs



nungsamt haben hierzu beigetragen. Erste Stadtmarketingaktivitäten gehen auf den Anfang der 90er Jahre zurück und waren damals vor allem darauf ausgerichtet, neue Investoren für eine Ansiedlung im Stadtgebiet zu gewinnen. Seit 1996 gibt es ein eigenes Büro für Wirtschaftsentwicklung und Marketing und seit 1999 ein Komitee, das die Stadtführung in puncto Verwaltung und insbesondere in den Feldern Marketing, Promotion und externe Beziehungen beraten soll.

Die räumliche Lage der Stadt Plzen ist relativ günstig. Es gibt ein gutes Arbeitsplatzpotential v.a. im technischen Bereich. Die Universität ist ein bedeutsamer Standortfaktor; der Dienstleistungssektor bereits gut entwickelt. Nachteilig wirken sich der noch nicht abgeschlossene Autobahnausbau und die Verkehrsprobleme in der Innenstadt aus. einseitige Abhängigkeiten von Großbetrieben und Probleme im Wohnungsbau.

Plzen möchte auch in Zukunft seine wichtige Rolle als Industriestandort innerhalb der Tschechischen Republik fortsetzen, die nach dem 2. Weltkrieg mit Präfe-

renz zur Schwerindustrie begann. Die Industrie und ihr Wandel stehen im Mittelpunkt der Überlegungen, was u.a. durch die Ausweisung und Vermarktung des neuen Industrieparks (Plzen borská pole) deutlich wird. Neben dem industriellen Bereich hat auch der Handelssektor in Plzen einen hohen Stellenwert, wobei im Handelsbesatz noch ein deutlicher Nachholbedarf besteht. Der Strukturwandel hin zum tertiären Sektor ist schon relativ weit fortgeschritten, die Abhängigkeit vom größten Arbeitgeber der Stadt (dem Industriebetrieb Skoda) mit einem dichten Netz von Zulieferern wird jedoch als problematisch empfunden.

#### 4. Ansätze zur Messung des Lernprozesses zwischen den Partnern

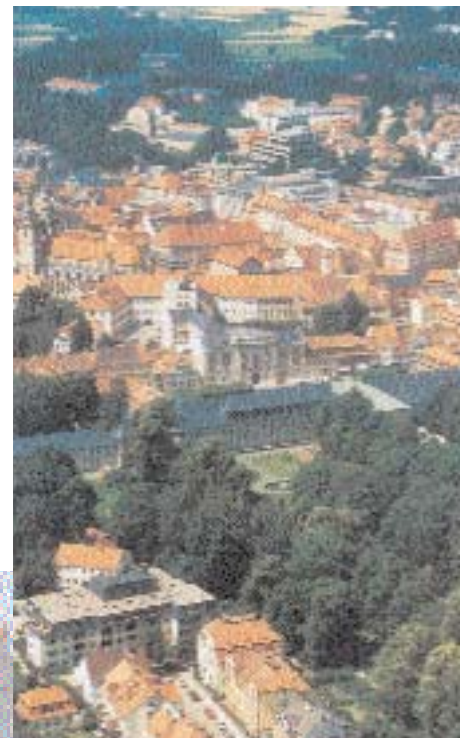
Es läßt sich feststellen, daß im Projektverlauf ein gegenseitiger Lernprozeß unter den Projektpartnern eintrat. Die Herausforderungen, vor denen die Städte in Westeuropa und auch in den Transformationsländern stehen, ähneln sich, wenn auch jeweils ganz spezifische Problemstellungen hinzukommen. Die Anpassung an die neuen Rahmenbedingungen und die Art und Weise, wie man von seiten der Stadtentwicklungspolitik diesen Veränderungen begegnet, entspricht einem Lernprozeß.

Im Rahmen einer Dissertation am Lehrstuhl Wirtschaftsgeographie

und Regionalplanung wird derzeit versucht, diesen Anpassungsprozeß als Lernprozeß transparent zu machen. Konkret geht es um die Frage, inwieweit das Instrument Stadtmarketing für die Städte in den Reformstaaten ein geeigneter Weg zur Lösung der spezifischen Problemstellungen sein kann. Es sollen sowohl die Rahmenbedingungen als auch die Störfaktoren eines effektiven Lernens in gesellschaftlichen Systemen herausgearbeitet werden. Die erarbeiteten Empfehlungen könnten dann dazu beitragen, verbesserte Strategien und Instrumente zur breitenwirksamen Umsetzung des Stadtmarketing-Gedankens zu entwickeln, bei deren Festlegung besonders die aktuellen Rahmenbedingungen in den Transformationsländern berücksichtigt werden.

Im Sinne eines Lernzirkels könnten die Erfahrungen und Erkenntnisse aus dem Lernprozeß in den Transformationsländern wiederum hilfreiche Hinweise für westeuropäische Länder liefern. □

Bayreuth



Bratislava



# Depositions- und Emission

## Atmosphäre und de

Thomas Foken

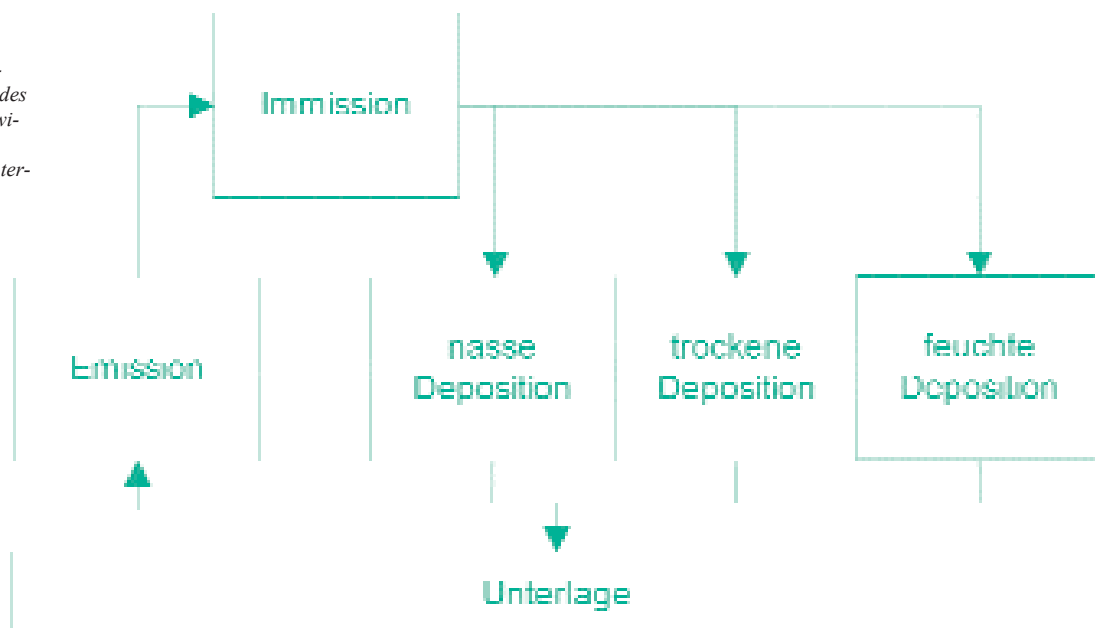
*Stoffflüsse zwischen der Atmosphäre und der bewachsenen und unbewachsenen Unterlage sind von maßgeblicher Bedeutung zum Verständnis des Ökosystems aber auch des Klimasystems. Ihre Erfassung (Messung wie Modellierung) ist von immenser Bedeutung in allen räumlichen und zeitlichen Maßstäben vom Ökosystem über die Landschaft bis zu globalen Betrachtungen. Trotz der augenscheinlichen Wichtigkeit der Problematik ist unser Wissen auf dem Gebiet immer noch recht unvollständig, so dass hier auch eine Begründung für die ökologische Schwerpunktsetzung an der Universität Bayreuth mit einer Fokussierung auf Stoffkreisläufe liegt. Die Transportwege in der Atmosphäre sind dabei nicht einheitlich und für viele Stoffbeimengungen durch chemische Reaktionen während des Transports noch zusätzlich modifiziert.*

Wenn man von Stofftransporten spricht, so muss man immer von Kreisläufen ausgehen, selbst wenn die Stoffe auf diesem Wege Veränderungen erfahren. Die einfachste Form dieser Kreisläufe in der Atmosphäre ist die Emission von Stoffen (Gasen, Partikeln, Aerosolen) von der Unterlage, ihr

Transport in der Atmosphäre und die anschließende Deposition (Abb. 1). Typische Emissionen sind beispielsweise die von den Menschen verursachten (anthropogenen) durch die Verbrennung von fossilen Brennstoffen, durch die u. a. Schwefel- und Stickstoffoxide in die Atmosphäre emittiert werden.

Aber auch die Biosphäre emittiert Stoffe, wie z. B. flüchtige Kohlenwasserstoffe, u. a. Terpene, durch die Nadelwälder oder Lachgas und Ammoniak durch intensive landwirtschaftliche Nutzung. Durch Umweltbehörden und andere Einrichtungen wird Ihre Wirkung in der Atmosphäre (Immission) in der Regel durch eine Konzentrationsmessung erfasst. Während wir über Emissionen (zumindest die anthropogenen) und Konzentrationen ein doch recht genaues Bild haben (Guderian, 2000), sind die Kenntnisse zur Deposition nur lückenhaft. Ein recht guter Überblick besteht zur nassen Deposition, bei der alle im Niederschlagswasser vorhandenen gelösten und festen Bestandteile erfasst werden. Somit findet die nasse Deposition aber

Abb. 1: Schematische Darstellung des Stoffkreislaufes zwischen der Atmosphäre und der Unterlage



# Einflussflüsse zwischen der der Erdoberfläche

auch nur während Niederschlagsereignissen statt und wird durch typische Fehler der Niederschlagsmessung, wie Windeinfluss und Verdunstung beeinträchtigt, wobei der Fehler je nach Aufstellung des Sammlers und der Höhenlage 10–15 % betragen kann, im Winter bei Schneefall sogar erheblich mehr. Weitgehend unbekannt ist die feuchte Deposition, da hier nur wenige Messungen vorliegen. Gerade auf diesem Gebiet hat aber die Universität Bayreuth eine mehr als 10jährige Tradition und für das Fichtelgebirge liegen doch recht gute Kenntnisse vor (s. S. 37). Der weitaus komplizierteste Transportweg ist die trockene Deposition, da sie durch turbulenten Transport, einer sehr effektiven Transportvariante durch Luftpakete (turbulente Wirbel) erfolgt und in komplizierter Weise von Windgeschwindigkeit, Schichtung in der Atmosphäre (vertikaler Temperaturgradient) abhängig ist. Ihre Messung ist faktisch nur auf wenige Feldexperimente beschränkt. Dabei ist der Anteil der trockenen Deposition keinesfalls zu vernachlässigen. Über hoher Vegetation (Wälder) erfolgen wegen der hohen Rauigkeit der Unterlage fast drei Viertel des Eintrags auf trockenem Wege, über niedriger Vegetation sind es meist noch mehr als 50 %. Dies ist geringfügig unterschiedlich für verschiedene Gase und Partikel (Foken et al., 1995). Die feuchte Deposition beträgt demgegenüber nur wenige Prozent und erreicht nur im Gebirge Werte um 10 %. Um die trockene Deposition den-

noch zu erfassen, bedient man sich einfacher Modellannahmen. Dazu bestimmt man eine sogenannte Depositionsgeschwindigkeit, die vom jeweiligen zu deponierenden Stoff und klimatologischen Parametern abhängig ist und es gestattet, aus Konzentrationsmessungen Dekaden- und Monatswerte der trockenen Deposition abzuschätzen. Mit erhöhtem Aufwand bezüglich der meteorologischen Messungen ist man auch in der Lage, die Depositionsgeschwindigkeit für Tageswerte zu ermitteln.

Die Universität Bayreuth hat sich gerade in den letzten Jahren sehr intensiv um die Erfassung der trockenen Deposition und biogenen Emission bemüht, die beide auf gleiche Weise erfasst werden. Dazu gehört die Entwicklung einfacher Messverfahren zur Ermittlung der Depositionsgeschwindigkeit in Abhängigkeit von Turbulenzzustand und der atmosphärischen Stabilität, wie dies für Bor (S. 43) gezeigt wird. Die genannten Verfahren zur Bestimmung der trockenen Deposition beruhen alle auf Modellannahmen. Eine direkte Messung ist nur mittels der Eddy-Kovarianz-Methode möglich, wobei die Flüsse aus den turbulenten Schwankungen der vertikalen Windgeschwindigkeit und den Schwankungen der Konzentration jener Stoffe, deren Fluss bestimmt werden soll, bestimmt werden. Derartige Verfahren sind außerordentlich aufwendig, insbesondere dann, wenn sie kontinuierlich messen sollen. Ein besonderes Augenmerk bedarf die Überprüfung der

mikrometeorologischen Voraussetzungen, unter denen die Methode eingesetzt werden kann. Hierzu wurden Verfahren entwickelt, die inzwischen umfassend bei internationalen Messprogrammen eingesetzt werden. (Aubinet et al., 2000). Die Erfassung chemischer Beimengungen ist häufig nicht mit der geforderten hohen zeitlichen Auflösung der Messwerte von  $<0,1$  s möglich. Seit etwa 10 Jahren sind Messsysteme in Entwicklung, die in Abhängigkeit von der Struktur der vertikalen Windgeschwindigkeit die zu messenden Gase für auf- und abwärtsgerichtete Transporte in getrennten Gefäßen über ca. 30 Minuten sammeln, die dann analysiert werden. Eine derartige sogenannte Hyperbolic Relaxed Eddy Accumulation Methode wurde an der Universität Bayreuth zur Bestimmung der Flüsse des stabilen  $^{13}\text{C}$ -Isotops entwickelt (s. S. 36). □

Aubinet, M., Grelle, A., Ibrom, A., Rannik, Ü., Moncrieff, J., Foken, T., Kowalski, A. S., Martin, P. H., Berbigier, P., Bernhofer, C., Clement, R., Elbers, J., Granier, A., Grünwald, T., Morgenstern, K., Pilegaard, K., Rebmann, C., Snijders, W., Valentini, R., Vesala, T., 2000. Estimates of the Annual Net Carbon and Water Exchange of Forests: the EUROFLUX Methodology. *Adv. Ecol. Res.*, 30: 113–175.

Foken, T., Dlugi, R., Kramm, G., 1995. On the determination of dry deposition and emission of gaseous compounds at the biosphere-atmosphere interface. *Meteorologische Zeitschrift, Neue Folge*, 4: 91–118.

Guderian, R. (Editor), 2000. *Handbuch der Umweltveränderungen und Ökotoxikologie, Atmosphäre, Bd. 1A und 1B*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 424, 516 pp.



# Kohlenstoffflüsse in Waldökosystemen des Fichtelgebirges

Thomas Foken/  
Corinna Rebmann

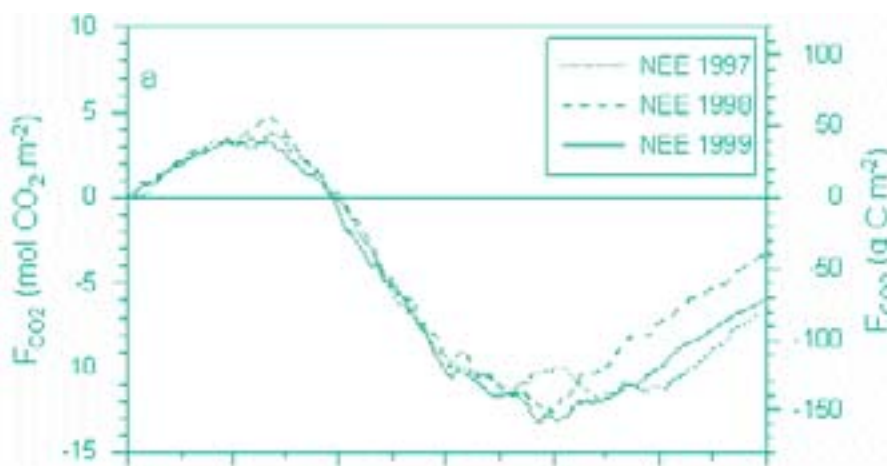
Flüsse von Kohlendioxid wurden ab Juni 1996 zusammen mit den Flüssen von fühlbarer Wärme, Wasserdampf und Impuls am Waldstein/Weidenbrunnen (Fichtelgebirge) nach der Eddy-Kovarianzmethode in 32 m Höhe (zeitweise auch in 22 m Höhe) über Fichtenwald gemessen. Ab Mai 1997 liegen die Daten so vor, dass die Möglichkeit bestand, Jahresbilanzen zu bestimmen, wobei Datenlücken über Parametrisierungen gefüllt wurden. Diese Messungen wurden für die Jahre 1997 bis 1999 umfassend bearbeitet (Rebmann et al., 2001). Mit der Eddy-Kovarianzmethode wurde direkt der Netto-Ökosystem-Austausch (NEE), also die Bilanz aus Atmung (Respiration) und Assimilation, gemessen. Um diese beiden Beiträge zu trennen, muss zuerst die Respiration aus den nächtlichen Messungen, wo keine Assimilation stattfindet, bestimmt werden. Die Respiration des Ökosystems setzt sich aus der Bodenatmung als Hauptbestandteil und der Atmung von Stämmen, Ästen, Zweigen und Nadeln zusammen.

Die mit der Parametrisierung erzeugten Werte werden dann von der NEE am Tage subtrahiert, um die reine Assimilation zu erhalten. Auch wenn nicht vollkommen geklärt ist, ob die Atmung (Stämme, Äste, Nadeln) am Tage der Nachtatmung entspricht, ist dies die allgemeine Vorgehensweise bei der vorliegenden Art von Messungen. Nur so können beide Beiträge zur NEE gesondert bestimmt werden. Methoden zur direkten Bestimmung von Assimilation und Respiration aus der Bestimmung der  $^{13}\text{C}$ -Flüsse wurden 1999 und 2000 eingesetzt, können wegen des hohen Aufwandes aber nur für methodische Studien herangezogen werden (Wichura et al., 2000). Dabei wurden aber die komplizierten Kopplungsstrukturen zwischen der Atmosphäre und dem Ökosystem weiter geklärt, denn der Austausch zwischen beiden ist an bestimmte mikrometeorologische Bedingungen gebunden und in der Nacht und teilweise sogar am Tag zumindest teilweise unterbrochen.

Aus Abb. 2 wird deutlich, dass sich

die NEE als Differenz zweier sehr großer Werte ergibt. So sind die Jahresbilanzen des Kohlendioxid-austauschs am Waldstein/Weidenbrunnen in den Jahren 1997, 1998 und 1999 sehr ähnlich und nur schwache Senken mit  $-6.5 \text{ mol m}^{-2}$ ,  $-3.3 \text{ mol m}^{-2}$  und  $-5.9 \text{ mol m}^{-2}$ . Diese schwache Senke für  $\text{CO}_2$  setzt sich zusammen aus  $-100.6 \text{ mol CO}_2 \text{ m}^{-2}$  Assimilation und  $94.1 \text{ mol CO}_2 \text{ m}^{-2}$  Respiration in 1997 sowie  $-106.0 \text{ mol CO}_2 \text{ m}^{-2}$  in 1998 bzw.  $-100.9 \text{ mol CO}_2 \text{ m}^{-2}$  und  $94.9 \text{ mol CO}_2 \text{ m}^{-2}$  in 1999. Es wird deutlich, dass die Assimilation im erheblich niederschlagsreichen Jahr 1998 im Vergleich zu den beiden anderen Jahren stärker war, so traten beispielsweise bereits in den Monaten Januar und Februar assimilatorische Flüsse bei relativ hohen Tagesmittelwerten der Lufttemperatur auf. Durch erhöhte Atmungsaktivitäten im Herbst 1998 wurden diese jedoch wieder ausgeglichen und führen so zu ähnlichen Jahresbilanzen. Im Jahr 1997 war die Photosynthese vermutlich durch Trockenheit eingeschränkt, bei ausgeglicheneren Lufttemperaturen im Sommer nahm die Atmung jedoch auch nicht so hohe Werte an wie im Jahr 1998. Das Jahr 1999 kann bezüglich der Klimavariablen als eher durchschnittliches Jahr bezeichnet werden, es traten kaum für die Photosynthese geeignete Temperaturen im Winter auf, diese setzte jedoch vergleichsweise früh im Frühjahr ein und bewirkt so ähnliche Jahresbilanzen wie in den beiden anderen Jahren. □

Abb. 2:  $\text{CO}_2$ -Flüsse für die Jahre 1997, 1998 und 1999, Netto-Ökosystem-Austausch, direkt gemessen mit der Eddy-Kovarianzmethode



Rebmann, C., Subke, J.-A., Foken, T., 2001.  $\text{CO}_2$ -Flüsse: Bestandesebene und Bodenatmung. Bayreuther Forum Ökologie: im Druck.

Wichura, B., Buchmann, N., Foken, T., Mangold, A., Heinz, G., 2000. Pools und Flüsse des stabilen Kohlenstoffisotops  $^{13}\text{C}$  zwischen Boden, Vegetation und Atmosphäre in verschiedenen Pflanzengemeinschaften des Fichtelgebirges. Bayreuther Forum Ökologie, 78: 109-130.

(Die von Prof. Schulze begonnenen Messungen hat Prof. Foken seit seinem Weggang aus Bayreuth fortgesetzt)

*Nebel ist als häufiges Phänomen in unseren Mittelgebirgen eine Quelle für Schad- und Nährstoffe in den Bergwäldern. An der Station „Waldstein“ der Universität Bayreuth werden Häufigkeit der Nebelereignisse, chemische Zusammensetzung und Eintrag des Nebelwassers in einem Fichtenwald untersucht.*

# Nebelforschung im Fichtelgebirge

Thomas Wrzesinsky

Nebel gilt als eine am Boden aufliegende Wolke mit Sichtweiten unter 1000 m. Im Alltag ist er vor allem als Gefahr für den Verkehr und mit herbstlichen Wetterlagen assoziiert. Weniger bekannt ist sein Einfluss auf die Wälder der nebelreichen Hochlagen unserer Mittelgebirge. Noch in den 50er Jahren des 20. Jahrhunderts wurde der Nebel nur als zusätzliche Quelle von Wasser für die Wälder gesehen. Seit den späten 70er und frühen 80er Jahren untersucht man den Nebel aber auch in Hinsicht auf schädliche Inhaltsstoffe, die als Beitrag zu den beobachteten Waldschäden vermutet wurden. Arbeitsgruppen der Universität Bayreuth beschäftigen sich seit ca. 20 Jahren mit unterschiedlichen Aspekten dieses Themas. Am Bayreuther Institut für Terrestrische Ökosystemforschung (BITÖK) läuft seit Ende 1999 ein Projekt, welches sich mit dem Eintrag nebelgebundener Stoffe in einen Fichtenwaldbestand

am Waldstein im nördlichen Fichtelgebirge beschäftigt. Nebeltröpfchen verhalten sich aufgrund ihrer geringen Größe (2 bis 50 µm Durchmesser) anders als Regentropfen und fallen nicht direkt auf die Erdoberfläche. Sie werden von den Turbulenzen der Atmosphäre in der Schwebelage gehalten und vom

Wind verfrachtet. Pflanzen mit hohen Oberflächen wie z. B. die Fichten mit ihren Nadeln können diese Tröpfchen aber aus der Luft kämmen und so dem Ökosystem zuführen. In einigen Gegenden der Erde wie z.B. einigen mittleren Höhenlagen der Tropen und Subtropen, aber auch ozeannahen Wü-



*Der Depositionskomplex: Oben das Ultraschallanemometer, in der silbernen Box das Tröpfchen-Spektrometer (zu sehen ist das Einlaßhorn). Das ganze System wird bei Nebel alle 30 min in den Wind ausgerichtet, um optimales Anströmen zu gewährleisten.*



stengebieten kann Nebel daher die Hauptquelle von Wasser für Pflanzen sein und wird mancherorts auch zur Trinkwassergewinnung genutzt.

Die Untersuchungen am „Waldstein“ umfassen die Messung der Sichtweite als Parameter für die „Dichte“ des Nebels, Sammlung von Nebelwasser zur chemischen Analyse und Entwicklung eines Systems zur direkten Messung der Nebelwasser-Deposition. Der Nebelsammler saugt die nebelhaltige Luft über mehrere Harfen aus Teflonfäden, an denen sich die Tröpfchen abscheiden und in eine Sammelflasche laufen. Das System

*Links: Der Nebelsammler im Einsatz: Links der Ventilator, rechts die Nebelharfen. In der Mitte Sammeleinrichtungen für die Partikel zwischen den Nebeltröpfchen.*



Die Sonne macht's sichtbar: Nebel im Fichtenwald am „Waldstein“

zur Depositionsmessung besteht aus einem so genannten Ultraschallanemometer, welches bis zu 160mal pro Sekunde die Windgeschwindigkeit in allen 3 Raumdimensionen misst, und einem Spektrometer, das die Größenverteilung der Nebeltröpfchen mit ca. 12 Messungen je Sekunde erfasst. Daraus lässt sich mit einem mikrometeorologischen Verfahren, der Bestimmung der Eddy-Kovarianz, der Eintrag von Nebelwasser in den Wald berechnen. Diese direkte Messung der Deposition war bisher aufgrund fehlender Geräte nicht möglich. Als Messort wurde der 30 m hohe meteorologische Turm in einem Fichtenbestand ausgewählt.

Über die Messung der Sichtweite lassen sich verlässliche Daten über die Nebelhäufigkeit erlangen. Am „Waldstein“ gibt jährlich 160 bis 220 Tage mit Nebel. Die wirkliche Andauer von Nebelereignissen ist natürlich geringer, sie liegt bei 14 bis 20% der Zeit. Die meisten Ereignisse treten im November auf (33%), den wenigsten Nebel gibt es im Juni (3,5% der Zeit). Als Vergleich kann man das klimatische Mittel in Bayreuth heranziehen:

hier verzeichnet man 40 Nebeltage, was dem mitteleuropäischen Durchschnitt entspricht. Bereits aus den vorangegangenen Experimenten war bekannt, dass Nebelwasser deutlich höher mit Schad- und Nährstoffen belastet ist als Regen. Dies wurde auch im aktuellen Projekt bestätigt, obwohl es deutliche Anzeichen für einen Rückgang der Belastung sowohl im Regen als auch im Nebel gibt. Als gelöste Hauptbestandteile im Nebelwasser findet man Ammonium  $\text{NH}_4^+$ , Nitrat  $\text{NO}_3^-$  und Sulfat  $\text{SO}_4^{2-}$  mit zusammen etwa 86% der Ionensumme. Die parallel durchgeführten Analysen des Regens zeigen, dass die Konzentration bei diesen Ionen 17 bis 24mal höher im Nebel als im Regen ist. Die große Unbekannte war bisher, wieviel von dieser hohen Belastung von den Bäumen aufgenommen wird. Einen Hinweis darauf bieten die durchgeführten Depositionsmessungen. Für einen Zeitraum im Jahr 2000 ergaben die Messungen bei insgesamt 430 mm Regen einen Nebelwasser-Eintrag von entsprechend 20 mm, also knapp 5% des Regens. Aufgrund der deutlich größeren Konzentrationen jedoch

ergibt sich beim Eintrag der Hauptionen, dass Nebel etwa die gleiche Menge an Ionen in den Wald trägt wie der Regen. Für Ammonium misst man 52%, für Nitrat 51% und für Sulfat 44% Anteil des Nebels am Gesamteintrag gelöster Ionen. Mit den vorliegenden Messungen lassen sich Aussagen zum nebelgebundenen Eintrag dieser Stoffe machen. Wie die Pflanzen diese aufnehmen und wie die ökologische Relevanz dieser Stoffe ist, wird in anderen Projekten der Universität untersucht. Großer Forschungsbedarf besteht zurzeit vor allem bei den organischen Bestandteilen der Nebeltröpfchen. Im Projekt sollen die Experimente am „Waldstein“ noch bis zum Frühjahr 2001 fortgeführt werden. Ein weiteres Ziel wird der Vergleich der bisher verwandten Modelle zur Nebeldeposition mit den Messwerten des Depositionsmesskomplexes sein. Die Nebelforschung an der Universität Bayreuth hat sich, getragen von vielen Diplom- und Doktorarbeiten, zu einem spannenden und viele Aspekte umfassenden Zweig der Ökosystemforschung entwickelt. □

## Ozon - Deposition zum Wald: Benötigen wir eine Neubewertung?

Otto Klemm

Das Spurengas Ozon ( $\text{O}_3$ ) in der unteren Atmosphäre war während der 1990er Jahre ein heißes Thema in der öffentlichen Diskussion. Die Konzentrationen während sommerlicher „Photosmog“-Episoden übertrafen gelegentlich Schwellenwerte ( $180 \mu\text{g m}^{-3}$  entsprechend 90 ppb),

die als schädlich für die Gesundheit des Menschen eingestuft werden. In den vergangenen zwei Sommern führte eine Reihe von Ursachen und Prozessen zu einem Rückgang sowohl der Höhe als auch der Häufigkeit der Spitzenwerte. Dazu trug sicherlich die Reduktion der Emissionen der Ozon-

Vorläufer (Stickoxide,  $\text{NO}_x$ , und reaktive organische Verbindungen, VOC) bei.



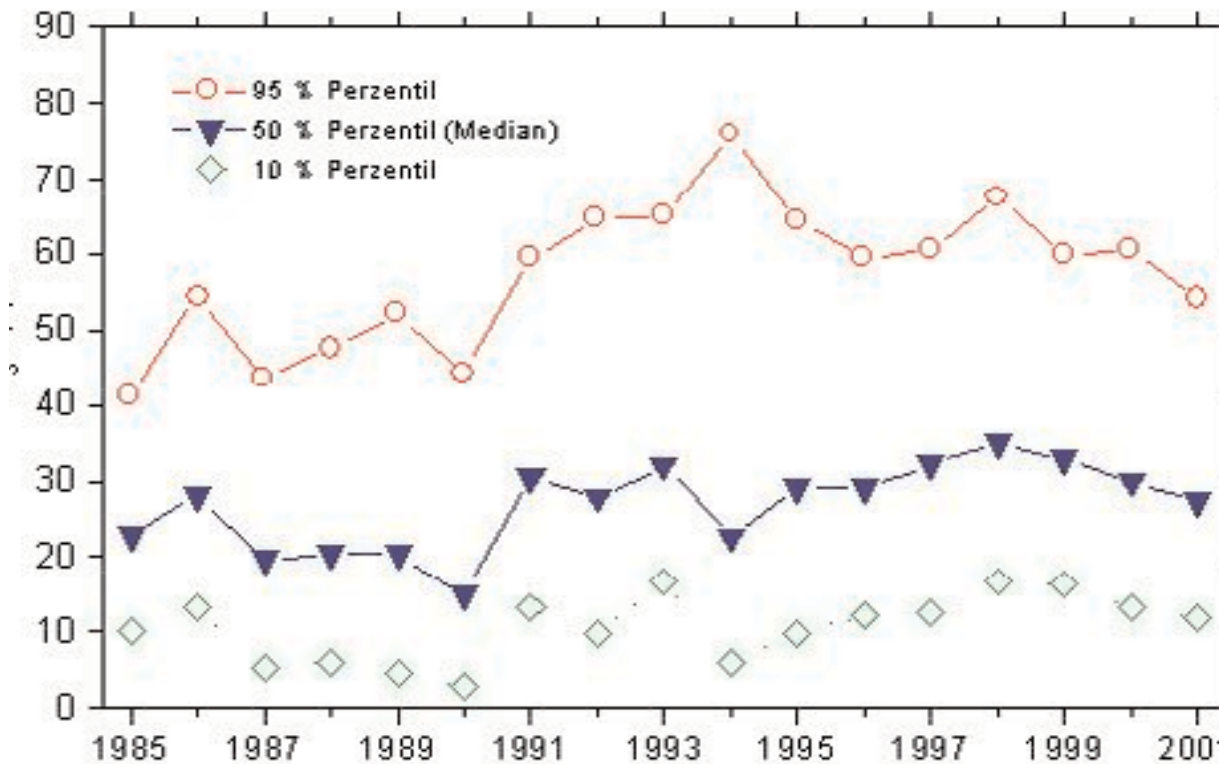


Abb. 1: Entwicklung de Ozons in der bodennahen Atmosphäre im nördlichen Fichtelgebirge

Ozon kann auch die Vegetation schädigen. Allein die Ernteschäden in der USA werden auf mehrere hundert Millionen Dollar jährlich geschätzt. Allerdings sind Auswirkungen auf komplexe Ökosysteme mit vielen Pflanzen- und Tierarten, vielfältigen Wirkungsmechanismen, und auch positiven und negativen Rückkopplungen mit anderen atmosphärischen Spurengasen, kaum quantifizierbar. Offene Fragen sind unter anderem: Wie sind hohe (aber relativ seltene) Spitzenwerte im Vergleich zu einer mittleren Grundbelastung zu bewerten? Ein inzwischen weit verbreitetes Konzept („AOT 40“, accumulated values over threshold 40 ppb) zählt und bewertet im Verlauf eines Sommers alle Stunden, in denen die Konzentration 40 ppb überschreitet. Nach dieser Rechnung liegt die Forschungsstation „Waldstein“ des BITÖK im nördlichen Fichtelgebirge mit AOT 40 20000 weit über dem für Wälder „unbedenklichen“ Wert von 10000. Möglicherweise zeichnet sich hier eine Entspannung ab: Während die Häufigkeitsverteilungen des Ozons bis Mitte der 1990er Jahre anstiegen, fallen sie seitdem wieder ab.

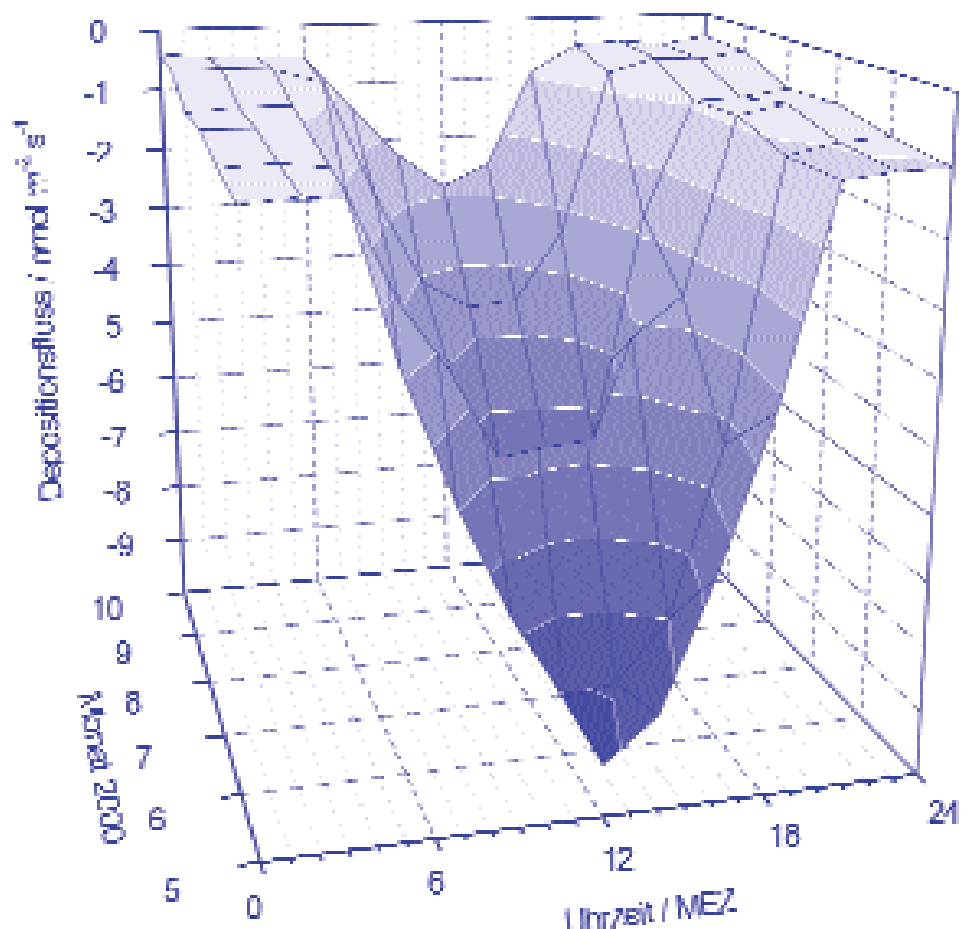


Abb. 2: Modellierung des Depositionsflusses (negative Zahlen in Einheit  $\text{nmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) des Ozons im Tagesverlauf während der Vegetationsperiode 2000 auf der Basis des aktuellen Verständnisses der Ozon-Aufnahme durch den Waldbestand.

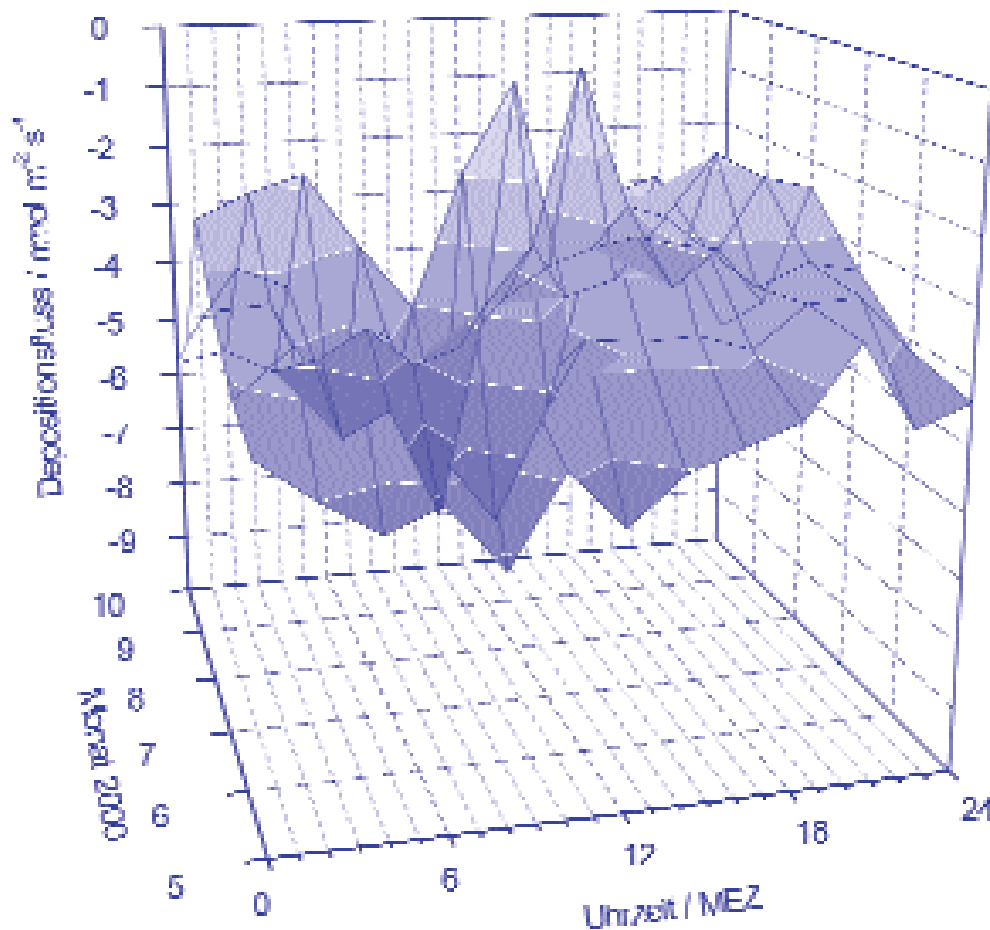


Abb. 3: Direkte Messung des Depositionsflusses von Ozon mit mikrometeorologischer Messtechnik, ohne Annahme von Randbedingungen.

(Abb. 1) Dieser Abfall trat zunächst bei den Spitzenwerten auf, mittlerweile aber auch bei den niedrigen Perzentilen. Dieses Phänomen wird auch an anderen Bergstationen beobachtet, die Ursachen sind weitgehend unklar. Möglicherweise spielen die überregionalen  $\text{NO}_x$ -Emissionen eine Rolle, möglicherweise auch eine Veränderung der mittleren Luftströmungen im globalen Klimawandel. Uns beschäftigen Fragen wie:

- Führen hohe Ozon-Konzentrationen zwangsläufig zu hoher Deposition des  $\text{O}_3$  zur Vegetation hin?
- Wird das deponierte Ozon von den Spaltöffnungen der Pflanzen (Stomata) aufgenommen?

Die Ökosystem-Forschungsstation „Waldstein“ des BITÖK eignet sich gut für derartige Untersuchungen, da das Waldökosystem dort bereits gut beschrieben ist und begleitende Untersuchungen durchgeführt werden. Mit zwei unterschiedlichen Methoden wird die Deposition des Ozons quantifiziert. Einerseits wird die Aufnahme durch die Vegetation (in erster Linie Fichten) modelliert. Der hier verwendete Modell-Typus findet verbreitete Anwendung in mesoskaligen Chemie-Transport-Modellen (CTMs). Entsprechend der Kenntnisse über den Stoffwechsel der Pflanzen wird eine starke Aufnahme tagsüber prognostiziert (Abb.2) Nachts findet nur geringe Aufnahme von Ozon durch die Pflanzen

statt. Im Verlauf des Sommers bis zum Herbst hin (Mai bis Oktober) nimmt die Aufnahme des Ozons aufgrund geringerer Einstrahlung, kürzerer Tage und auch geringerer Ozon-Konzentrationen in der Luft allmählich ab.

Andererseits ergeben Messergebnisse, die unabhängig von Modellannahmen erhoben wurden, ein völlig unterschiedliches Bild (Abb. 3). Zunächst ist ein Tagesgang schwach ausgeprägt, mit bestenfalls größeren Depositionsflüssen zur Vegetation während der Vormittagsstunden. Dies spricht dafür, dass die Aufnahme durch die Stomata keine dominierende Rolle spielt. Weiterhin ist kein signifikanter Jahresgang erkennbar. Die Deposition zeigt in erster Näherung keinen Zusammenhang zur Ozon-Konzentration. All diese Ergebnisse entsprechen nicht den gängigen Konzepten: Nachts wird mehr Ozon deponiert als es durch stomatare Aufnahme erklärbar ist. Dies bedeutet, dass das „zusätzlich“ deponierte Ozon nicht direkt in den Gas-Stoffwechsel der Pflanzen eingreift und aus toxikologischer Sicht vermutlich nicht sehr relevant ist.

Wie ist dieser Vergleich nun zu bewerten? Aus Sicht der Atmosphärenforschung gilt es dringend zu klären, welche Oberflächen im Ökosystem die Rezeptoren für die hohe beobachtete Deposition sind. Dies ist von entscheidender Bedeutung für die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere Standorte und für eine Verbesserung der Parameterisierung von CTMs. Aus Sicht der Pflanze gilt es neu zu untersuchen, wie viel Ozon nun wirklich über die Stomata aufgenommen wird und toxikologisch relevant sein könnte. Wir wissen nun, dass höhere Ozon-Konzentrationen in der Luft nicht notwendigerweise zu höheren Depositionsflüssen führen. Gilt dies auch für die Aufnahme in den Stoffwechsel der Pflanzen? □

# Fichten als Filter anthropogener, organischer Spurenstoffe

Georg Streck

*Viele Menschen bringen instinktiv Wälder mit sauberer Luft in Verbindung. Das ein solcher Zusammenhang nicht „aus der Luft gegriffen“ ist, zeigt ein Forschungsprojekt am Waldstein im Fichtelgebirge. Hier wird der Einfluss von Fichtenwäldern auf das Depositionsverhalten von anthropogenen, organischen Spurenstoffen untersucht.*

Die Rolle von Nadelwäldern auf die atmosphärische Deposition von organischen Spurenstoffen ist bisher erst wenig erforscht. Bekannt ist, dass solche Substanzen durch Nadelbäume aus der Luft gefiltert und am Waldboden angereichert werden können. Das Zusammenwirken der einzelnen Teilprozesse und der Einfluss der physikochemischen Eigenschaften der Stoffe auf den Anreicherungsprozess ist aber noch unklar. Hier et was Licht ins Dunkel zu bringen bemüht sich ein Forschungsprojekt am Lehrstuhl Hydrologie.

Unter anthropogenen, organischen Spurenstoffen werden dabei Substanzen verstanden, die durch den Menschen in die Umwelt gebracht werden und z. B. in der Luft in Konzentrationen im  $\text{ng/m}^3$ -Bereich oder geringer vorkommen. Wir richten unser Augenmerk dabei vor allem auf zwei Stoffgruppen: Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) und Phthalsäureester.

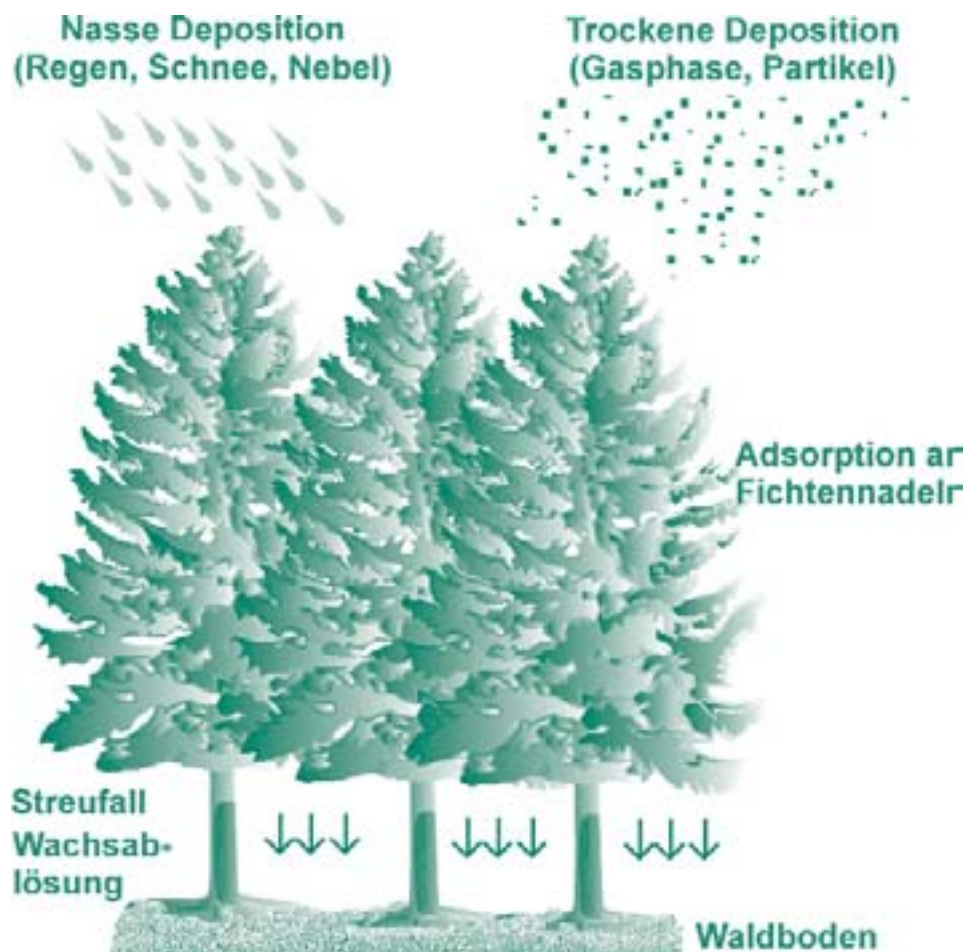
Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe entstehen bei allen Verbrennungsvorgängen: sei es beim Heizen von Wohnungen, bei industriellen Prozessen oder durch Kraftfahrzeug-Verkehr. Einigen PAK werden krebserregende oder

reproduktionstoxische Wirkungen zugesprochen. 16 Vertreter dieser Stoffgruppe stehen auf der Liste der „priority pollutants“ der amerikanischen Umweltbehörde - ein Verzeichnis, das besonders „beachtenswerte“ Schadstoffe aufzählt.

Auch Phthalsäureester sind auf dieser Liste zu finden. Phthalsäureester zählen zu den am weitesten verbreiteten Industriechemikalien. Erstmals Anfang des 20. Jahrhunderts industriell hergestellt, erreicht heute ihre Produktion weltweit einige Millionen Tonnen pro

Jahr. Hauptsächlich werden sie in Kunststoffen als Weichmacher eingesetzt: Sie machen diese flexibel. Aber nicht nur in Kunststoffen sind Phthalsäureester zu finden. Ihr Einsatzgebiet reicht von Farben und Lacken über Klebstoffen bis - als Emulgatoren - hin zu Kosmetika und Parfümen. Phthalsäureester gelangen direkt beim Herstellungsprozess, durch Ausgasen aus den Erzeugnissen oder aber - nach Ablauf der Lebensphase des Produktes - aus dem Müll in die Umwelt. Wie gelangen diese Substanzen

Abb. 1: Deposition und Transport im Fichtenwald





Ein Partikelfilter vor (oben - Abb. 2) und nach (unten - Abb. 3) einer einwöchigen Sammelperiode



aber in einen Fichtenwald? Das koppelnde Element ist die Atmosphäre (Abb. 1). Über die Luft werden die organischen Spurenstoffe über größere Distanzen transpor-

tiert. Entsprechend ihren physikochemischen Eigenschaften liegen die Spurenstoffe dabei entweder gasförmig vor oder sie lagern sich an Aerosolen - z. B. Rußpartikeln - an. Gebunden an diese Aerosole oder direkt aus der Gasphase erreichen die Substanzen dann als trockene Deposition die Baumkronen oder den Erdboden.

Die Spurenstoffe können aber auch durch nasse Deposition aus der Atmosphäre entfernt werden, also durch Regen, Nebel oder Schnee. Gerade im Fichtelgebirge mit seinem nasskalten Klima ist diese Depositionsform nicht zu vernachlässigen.

Gemessen werden von uns die Konzentrationen in den verschiedenen Kompartimenten sowie Depositionsmengen der Substanzen. Die partikulär gebundenen Spurenstoffe werden beispielsweise mit einer leistungsstarken Pumpe aus der Atmosphäre gefiltert. Die Abbildungen 2 und 3 zeigen einen Partikelfilter vor und nach der Be-  
probung. Deutlich zu sehen ist die

schwarze Partikelmasse auf den Filtern nach einer einwöchigen Sammelzeit.

Als sehr effektive Depositionsform hat sich im Fichtenwald die trockene Deposition aus der Gasphase herausgestellt. Für einige organische Spurenstoffe erweisen sich die Fichten dabei als regelrechte Magneten. Substanzen mit bestimmten physikochemischen Eigenschaften werden an Fichtennadeln adsorbiert und gelangen letztlich durch Streufall oder bei der Umbildung der Wachsschichten der Fichtennadeln auf den Waldboden. Verglichen mit einer baumlosen Fläche kann so die zehnfache Menge an Schadstoffen den Erdboden erreichen und damit der Atmosphäre - zumindest zeitweise - entzogen werden. Das mag schlecht für den Waldboden sein, ist aber positiv für die Atmosphäre. Der Wald wirkt dann als effektiver Filter für anthropogene, organische Spurenstoffe. □

## Aerosole aus Kläranlagen: ein Problem?

Michael Radke

*An verschiedenen Stellen einer Kläranlage wird Luft in das Abwasser eingeblasen. Beim Zerplatzen der Luftblasen an der Wasseroberfläche werden kleine Tröpfchen in die Luft geschleudert, wodurch ein geringer Teil des Abwassers in die Luft gelangen kann. Durch die Untersuchung der gebildeten Tröpfchen auf verschiedene Abwasserinhaltsstoffe lässt sich der Einfluss dieses Prozesses auf die Qualität der Luft abschätzen.*

In verschiedenen Reinigungsstufen einer Kläranlage wird Luft in das Abwasser eingeblasen, um zu verhindern, dass es zu Faulungs-

prozessen kommt bzw. um den Bakterien, welche die organischen Abwasserinhaltsstoffe abbauen, genügend Sauerstoff zur Verfü-

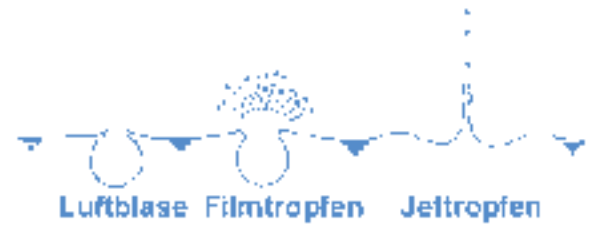
gung zu stellen. Die zerplatzenden Luftblasen schleudern kleine Wassertropfchen in die Luft. Dieser Prozess ist für die Entstehung natürlicher Aerosolpartikel sehr wichtig, denn er läuft in Schaumkronen auf der Meeresoberfläche und in Brandungszonen ab, wodurch ein Großteil der in der Atmosphäre vorhandenen Salzpartikel erzeugt wird. Eine zerplatzende

Luftblase erzeugt zuerst sogenannte Filmtropfen, im zweiten Schritt werden die sogenannten Jettropfen emporgeschleudert (Abb. 1). Während die Jettropfen bis zu 0,1 mm groß werden können und hauptsächlich Wasser enthalten, bestehen die wesentlich kleineren Filmtropfen weitgehend aus Material, das an der Grenzfläche zwischen Wasser und Luft angereichert wird. Dies können entweder oberflächenaktive Substanzen, zum Beispiel Tenside, oder unpolare Stoffe wie Fette und Öle sein. In diesen Oberflächenfilmen lösen sich wiederum bevorzugt gut fettlösliche Substanzen. Übertragen auf die Kläranlage bedeutet dies, dass in den Filmtropfen unpolare Abwasserinhaltsstoffe wie beispielsweise Cholesterin oder dessen Abbauprodukt Coprostanol in größeren Konzentrationen enthalten sein sollten.

Dies habe ich an der Vorbelüftung und an der biologischen Reinigungsstufe der Kläranlage Bayreuth untersucht, indem ich die Aerosolpartikel im Größenbereich der

Filmtropfen analysiert habe. Auf dem Belebungsbecken kam ein Schwimmzelt (Abb. 2) zum Einsatz, um die Aerosolbildung ohne Einfluss des Stadtaerosols untersuchen zu können.

Die Emission der von mir untersuchten Substanzen aus dem Belebungsbecken ist sehr gering. Dies liegt zum einen daran, dass durch die moderne Belüftungstechnik sehr kleine Luftblasen an die Wasseroberfläche kommen und dadurch sehr wenig Energie für die Tropfenbildung zur Verfügung steht. Andererseits sind die Substanzen auch sehr fest an die Belebtschlammflocken gebunden, die ihrerseits zu groß sind, um in die Luft geschleudert zu werden. Die gemessenen Emissionen sind mit ca. 50 Pikogramm (pg) je Kubikmeter Luft vergleichsweise gering. Anders sieht dies dagegen an der Vorbelüftung am Einlauf der Kläranlage aus: hier konnte ich Konzentrationen von bis zu 2000 pg je Kubikmeter Luft bestimmen. Dies wird durch die grobblasige Belüftungstechnik verursacht, die an



dieser Stelle erforderlich ist, um das Abwasser in Bewegung zu halten, aber auch durch die höhere Konzentration dieser Stoffe im „frischen“ Abwasser.

Die Ergebnisse meiner Untersuchungen zeigen, dass die Emission von Aerosolen bei der Abwasserbehandlung nicht vernachlässigt werden kann. Auch wenn die von mir untersuchten Substanzen keine direkten schädlichen Auswirkungen auf die Umwelt haben, so können sie sehr gut als Marker für die Emission anderer möglicher Abwasserinhaltsstoffe verwendet werden, die zur Schadstoffbelastung der Stadtluft beitragen können, wie zum Beispiel Arzneimittelrückstände oder Östrogene. □

Abb. 1: Aerosolbildung durch zerplatzende Luftblase  
(Quelle: Resch et al., JGR 91, C1, 1019-1029, 1986)

## Trockene und nasse Deposition von Bor in den neuseeländischen Alpen

Reimer Herrmann

**B**or (B) ist ein wichtiger Spurennährstoff. Als solcher trägt Bor z.B. zur Zellstabilität des wichtigsten Nutzholzbaumes Neuseelands, der Monterey-Kiefer, entscheidend bei. Mit Ausnahme von kleineren Gebieten, in die Bor durch vulkanische Tätigkeiten eingetragen wird, stammt Bor in Gewässern und Böden aus atmosphärischer Deposition. Die wich-

tigste atmosphärische Quelle sind die marinen Aerosole, die beim Zerplatzen der Blasen in der Gischt der Ozeane entstehen. Meerwasser hat mit 435  $\mu\text{mol/l}$  eine gegenüber dem Süßwasser hundertfache Konzentration an Bor. Diese Aerosole mit ihrer hohen Borkonzentration, vornehmlich als Borsäure, bilden auch Kerne von Regentropfen, so dass kleine Tropfen eine hohe und

große eine niedrige Borkonzentration haben. Ferner gast Bor aus den Aerosolen aus und reichert die Luft über dem Meer mit Bor an. Je nach meteorologischen Bedingungen kann Bor aus der Luft unter den Wolken ausgewaschen werden (wash-out) oder aus den Wolken ausregnen (rain-out), wobei sowohl das in den Wolkentropfen enthaltene Bor als auch das gasför-

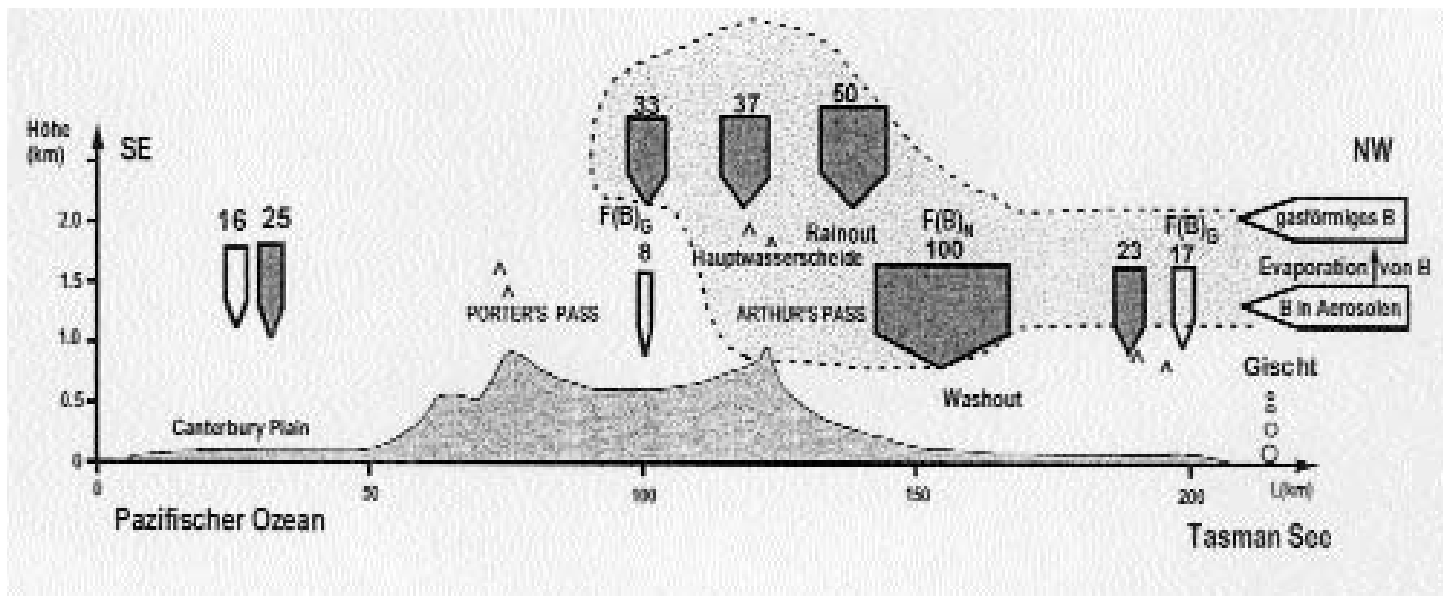


Fig. 1: Räumliche Verteilung der nassen ( $F(B)N$ ) und der trockenen Deposition ( $F(B)G$ ) in Prozent der maximalen (= 100 i.) Deposition bei westlichen Winden, West/Ost-Profil durch die Südhälfte Neuseelands.

mige Bor zur Gesamtkonzentration beiträgt. Ferner deponiert gasförmiges Bor unter den Wolken direkt auf dem Wasser, der Vegetation oder den Böden.

Die Südhälfte Neuseelands mit ihren Nord-Süd gerichteten Gebirgsketten eignet sich besonders gut, die Prozesse der nassen (durch Regen) und trockenen (durch Gas) Deposition von Bor zu untersuchen.

Da die nasse Deposition das Produkt von Niederschlag und seiner Borkonzentration ist, führt der hohe Niederschlag am Westanstieg der Alpen nahe der Tasmansee zu hoher nasser Deposition von Bor, wobei die niedrigere Konzentration in den großen Tropfen durch die große Regensumme überkompensiert wird. (Fig. 1). Eine Kombination von niedrigem Niederschlag und niedriger Borkonzentration führt zu geringer Deposition im intramontanen Becken zwischen den beiden Hauptgebirgsketten. Die nasse Deposition nimmt östlich vom östlichen Gebirgszug in der Canterbury Plain weiterhin ab.

Mikrometeorologische Daten wurden für ein Modell zur Berechnung der trockenen Depositionsgeschwindigkeit von Bor (Foken, 1999) zusammen mit der Konzentration gasförmigen Bors in der Luft gemessen. Aus dem Produkt von dieser Depositionsgeschwindigkeit und der Borkonzentration in der Luft wurde die trockene (gasförmige) Deposition von Bor berechnet. Diese trockene Deposition spiegelt vor allem die Konzentration von Bor in der Luft wieder mit niedrigen Depositionen im intramontanen Becken, höherer Deposition an der Westküste und Werten dazwischen in der küstennahen östlichen Canterbury Plain. Dies lässt erwarten, dass im Lee der östlichen Gebirgsketten bei niedrigen Borkonzentrationen in der Luft und geringen Depositionsgeschwindigkeiten auch geringe Depositionen auftreten.

Die orographische Einwirkung auf die Warm- und Kalt-Fronten führt zu gleichmäßigem und starkem rainout und washout von B an der Westflanke der Alpen. Wegen der unterschiedlich weiten Drift der Wolken über den Westkamm nach

Osten hin beobachten wir zeitlich und räumlich hoch variable nasse Deposition von Bor im intramontanen Becken. Trockene Deposition hängt ab vom Transport von Aerosolen und gasförmigem Bor von der See. Deshalb empfängt der Küstenstreifen stark schwankende Deposition in Abhängigkeit von Windrichtung und der die Gischt erzeugenden Windstärken. Im intramontanen Becken ist die Deposition gering wegen des washouts und der trockenen Deposition an den westlichen Bergflanken. Im Prinzip gilt dieses Muster auch für die östlichen Gebirgsketten, abgeschwächt aber wegen der geringeren Häufigkeit östlicher Winde. □

Foken, Th., 1999. Methode zur Bestimmung der trockenen Deposition von Bor. Universität Bayreuth - Abt. Mikrometeorologie, Arbeitsergebnisse Nr. 02

Herrmann, R., 2001. On processes controlling the distribution and fluxes of boron in natural waters and air along transects across the South Island of New Zealand. Catena 44, 263 - 284.



# Degradierung von Vegetation und Böden

Klaus Müller-Hohenstein, Wolfgang Zech, Jan Axmacher, Florian Fritzsche, Georg Guggenberger, Axel Paulsch, Marion Schrumpf und Wolfgang Wilcke

## Gefährdung tropischer Bergwälder

Seit einigen Jahren arbeiten Bayreuther Biogeographen und Bodenkundler gemeinsam in verschiedenen tropischen Bergwaldgebieten [Ecuador (Bild 1), Tansania, Äthiopien], um funktionale Zusammen-

hänge zwischen Vegetation und Böden zu erkennen und diese Ökosysteme besser zu verstehen. Dazu gehört auch die Untersuchung natürlicher Störungen wie Rutschungen und des menschlichen Einflusses auf das Funktionieren von Bergwäldern. Dies geschieht

vor dem Hintergrund, dass die menschlichen Nutzungsansprüche an den Wald in unseren Arbeitsgebieten zu einer weitreichenden und teilweise unwiederbringlichen Zerstörung weiter Bergwaldbestände geführt haben.

Mit Rutschungen verbundene



Bild 1: Bergregenwald in Südecuador



*Bild 2: Im Bergregenwald Südequadors sind allenthalben Spuren verschiedener Hangrutschungen sichtbar.*

Störungen der Wälder und der Böden sind in diesen Räumen aufgrund der meist steilen Hanglagen, der hohen Niederschläge und des oftmals rutschungsanfälligen geogenen Untergrundes von Natur aus nicht selten. Sie werden als wichtige, die Dynamik dieser Wälder bestimmende abiotische Faktoren angesehen. Es wird sogar vermutet, dass sie einer der wesentlichen Prozesse sind, die zur besonders hohen Artenvielfalt von Bergwäldern beitragen. Einige Pflanzenarten können nämlich unter der dichten Krone des Waldes nicht wachsen. Es gibt sogar Arten, die auch in kleinen Lücken, wie sie durch den Fall einzelner Bäume hervorgerufen werden, nicht ausreichend gute Lebensbedingungen vorfinden. Solche Arten sind darauf angewiesen, zumindest von Zeit zu Zeit Bedingungen anzutreffen, wie sie nur Rutschungen bieten können. Viele der aktuell zu beobachtenden Rutschungen sind jedoch durch menschliche Eingriffe in den Wald, insbesondere dem Wege- und Straßenbau, bedingt.

In zunehmendem Maße haben die in den Bergwäldern lebenden Bevölkerungsgruppen sowohl im regenreichen Südecuador als auch

am Kilimandscharo oder im deutlich trockeneren Südäthiopien die Wälder durch vielfältige Eingriffe verändert. Dadurch ergaben sich auch Veränderungen der Böden. Diese anthropogenen Störungen führen letztlich zu wachsender Degradierung von Vegetation und Böden. Im folgenden Beitrag werden die wichtigsten Prozesse dieser Degradierung sowie ihre Ursachen und Folgen beschrieben. Dazu ist es allerdings notwendig, sich zunächst einmal die Folgen natürlicher Störungen zu verdeutlichen, um sie von den anthropogenen abheben zu können.

### Natürliche Störungen in Bergwaldökosystemen

Die Rutschungsdynamik haben wir im Rahmen einer DFG-Forscherguppe in Südecuador zusammen mit Erlanger Kollegen intensiv untersucht. Natürliche Rutschungen sind v.a. aufgrund des steilen Reliefs sehr häufig (Bild 2). Diese sind allerdings in der Regel nicht sehr tiefgreifend. Sie betreffen vor allem die Vegetation, die vollständig entfernt wird, und den obersten Teil des Bodens. Da dieser oberste Teil besonderes humus- und nährstoffreich ist, bedeutet eine Rut-

schung zunächst einmal eine Verarmung des Bodens an Nährstoffen und damit eine Reduzierung der Fruchtbarkeit.

Manchmal greifen Rutschungen allerdings soweit in das Gestein ein, dass relativ gering verwiterte von Natur aus nährstoffreiche Lagen an die Oberfläche gelangen. Dies geht dann mit einer Erhöhung der Bodenfruchtbarkeit einher (Abb. 1). Eine derartige Beeinflussung der chemischen Bodeneigenschaften ist noch nach Jahrhunderten durch eine im Vergleich zu umgebenden Flächen unterschiedliche Vegetationsstruktur feststellbar. Derart tiefgreifende Rutschungen sind unter natürlichen Bedingungen allerdings selten.

Allerdings beeinflussen auch die wesentlich häufigeren flachen Rutschungen wesentlich die Standortbedingungen von Bergwäldern. Das im oberen Bereich der Rutschung, der Abrissnische, abgetragene Oberbodenmaterial und ein großer Teil der in der Vegetation gespeicherten Biomasse geht der Rutschungsfläche meist nicht ganz verloren, sondern wird im unteren Bereich akkumuliert. Dort ist die Bodenfruchtbarkeit deutlich höher als im oberen Bereich. Damit bieten die Rutschungsflächen ein kleinräumig höchst variables Mosaik ganz unterschiedlicher Standortbedingungen, die vielen Arten, die unter der dichten Waldkrone benachteiligt sind, beste Wachsmöglichkeiten eröffnen. Nirgends auf der gesamten Rutschungsfläche herrschen jedoch Bodenverhältnisse, die mit denjenigen im umgebenden ungestörten Wald vergleichbar sind. Das liegt an der besonders wichtigen Rolle der organischen Waldbodenaufgabe, für die Nährstoffversorgung der Vegetation, die auf der Rutschungsfläche fehlt.

Die Untersuchung von Zeitreihen unterschiedlich alter Rutschungen hat gezeigt, dass der Boden, wenn er nach dem Rutschungsereignis nicht weiter gestört wird, allmäh-



lich regeneriert, also seine ursprüngliche Fruchtbarkeit wieder erreicht. Das liegt vor allem daran, dass die organische Waldbodenauflage mit zunehmendem Bewuchs und durch Streueintrag aus dem umgebenden Wald neu entsteht. Allerdings konnten wir feststellen, dass auch auf einer etwa 20 Jahre alten Rutschungsfläche in Ecuador die Böden und die Vegetation noch nicht vollständig regeneriert waren. Aus der Literatur ist bekannt, dass dieser Regenerationsprozess bis über 50 Jahre dauern kann.

### Anthropogen ausgelöste Rutschungen in Bergwaldökosystemen

Prinzipiell kann die Regeneration von anthropogen ausgelösten Rutschungen ganz genauso verlaufen wie diejenige von natürlichen. Allerdings gibt es meist einige wesentliche Unterschiede. Sind die Bergflanken entwaldet, so fehlt die stabilisierende Wirkung der Baumwurzeln. Rutschungen können somit wesentlich großflächiger auftreten. Viele Rutschungen werden auch durch Baumaßnahmen (z.B. Wege- und Kanalbau) ausgelöst (Bild 3). Die Folge davon ist, dass der Akkumulationsbereich der Rutschung, der besonders viele Nährstoffe enthält, ausgerechnet auf den Wegen zu liegen kommt. Um die Wege wieder nutzbar zu machen, muss das akkumulierte Material natürlich abtransportiert werden, wodurch gerade der fruchtbarere Teil der Rutschungsfläche zerstört wird. Gleichzeitig wird das natürliche Widerlager entfernt, dass nachfolgende Rutschungen verhindern würde, so dass es häufig zu multiplen Rutschungsereignissen kommt. Dies wiederum beeinträchtigt die Wiederbesiedlung der Flächen mit Pflanzen und resultiert somit in erhöhter Erosion durch oberflächlich abfließendes Wasser, wodurch der vergleichsweise nährstoffreiche Oberboden weiter verloren geht. Auf diese Weise ver-

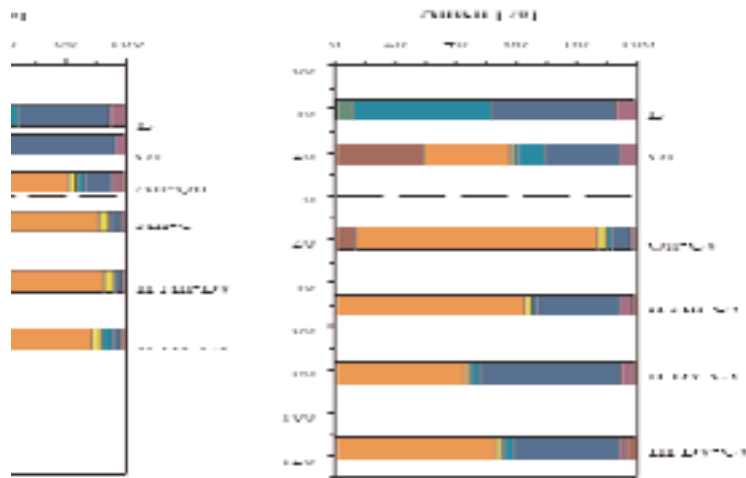


Abb. 1: Vergleich der Ionengarnitur zweier Bodenprofile in einem südecuadorianischen Bergregenwald. Im rechten Profil, welches sich in einer circa 600 Jahre alten Rutschung entwickelte, ist insbesondere der höhere Mg-Anteil am Austausch im Vergleich zum linken Profil, welches in jüngerer Zeit nicht von Rutschungen beeinflusst wurde, hervorzuheben.

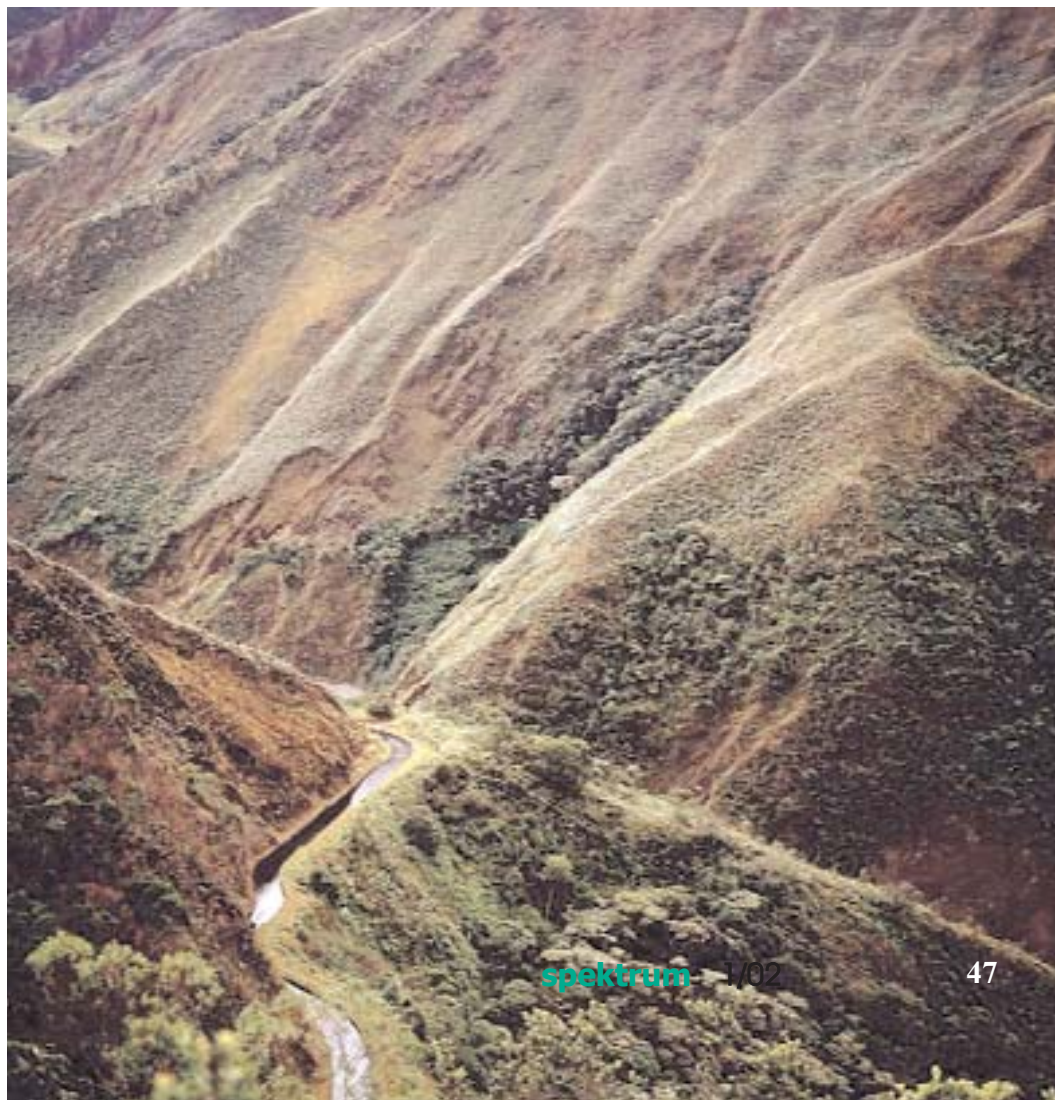
kehrt der Mensch durch seine Tätigkeit den eigentlich positiven Effekt einer Rutschung für die Regeneration eines natürlichen Waldbestandes und für die Erhaltung seines Artenreichtums in einen negativen, langfristig zur Zerstörung weiter Waldbestände führenden. Anthropogen verstärkte oder induzierte Rutschungen sind aber nicht die einzigen Zeugen einer ganz wesentlich durch unterschiedliche Nutzung der Wälder bedingten De-

gradierung.

### Sonstige Formen anthropogener Störungen von Bergwaldökosystemen

Zunächst entstehen in den einst geschlossenen Wäldern erste, oft durch Brandrodung gewonnene Flächen für den Anbau von Kulturpflanzen oder die Ernährung des weidenden Viehs. Sie führen zu einem Landschaftsmosaik aus unregelmäßig verteilten, meist nur wenige Hektar großen Rodungsinseln,

Bild 3: Entwaldete Bergflanken mit anthropogen verursachte Hangrutschungen in Südecuador. Während die Rutschungen im Hintergrund v.a. auf den Verlust der schützenden Bewaldung zurückzuführen sind, wurde die Rutschung im Vordergrund durch Kanalbau verursacht.







*Bild 4: Waldnutzung in Munessa, Äthiopien. Der teils illegale Holzeinschlag wird über viele km in die Siedlungen der Savanne unterhalb der Bergwaldstufe transportiert. Dort dient das Holz als Bauholz, zur Herstellung von Werkzeugen und als Brennholz. Außerdem wird Holzkohle produziert, die v.a. nach Addis Abeba transportiert und dort zum Kochen verwendet wird.*

welche an den bestehenden Verkehrswegen zu ausgedehnten Landnutzungsflächen führen. Auch die immer noch überwiegenden Waldflächen bleiben nicht unberührt. Durch die Jagd wie auch das Sammeln von irgendwie nutzbaren Pflanzen - etwa für die Ernährung oder für medizinische Zwecke - und schließlich das selektive Nutzen besonders begehrter Holzarten für Hausbau und Geräte werden die Lebensgemeinschaften der Bergwaldökosysteme verändert. Gleiches gilt für den Einschlag von Bäumen und Sträuchern für Brennholz (Bild 4). Schon dabei ist in aller Regel mit Verlusten von Arten, möglicherweise auch von besonderen Lebensgemeinschaften und Habitaten zu rechnen.

Dennoch sind diese von einheimischen Bevölkerungsgruppen ausgehenden Störungen - abgesehen von Ausnahmen in besonders dicht bevölkerten Gebieten - in ihren

Wirkungen oft begrenzt, weil man nur kurzzeitig auf den gerodeten Flächen wirtschaftete, sie bei abnehmenden Erträgen verließ und neue Areale rodete. So konnten sich die vorher genutzten Äcker „erholen“, über Sekundärwälder wurde eine Regeneration bis zu nahezu ursprünglichen Waldgemeinschaften möglich. Dieser Wanderfeldbau wurde in den letzten Jahrzehnten durch den überall wachsenden Bevölkerungsdruck intensiviert. Damit vergrößerten sich nicht nur die Anbauflächen, auch die Erholungspausen verkürzten sich immer mehr.

Von weitaus größerer Bedeutung für die Verluste von Arten und ursprünglichem Lebensraum waren und sind jedoch großflächige Eingriffe in die tropischen Wälder durch Rodungen mit allen technischen Hilfsmitteln. Das Ergebnis ist ähnlich wie bei großflächigen Rodungen eine meist nur kurzfristig mögliche weidewirtschaftliche

oder ackerbauliche Nutzung. Teilweise werden, wie in Bild 5 im Munessa-Wald Äthopiens, die gerodeten Flächen wieder aufgeforstet. Diese staatlichen Aufforstungsmaßnahmen werden allerdings mit ortsfremden Arten in Monokultur durchgeführt. Bisher gibt es keine Informationen darüber, inwiefern diese Systeme nachhaltig sind.

In den Gebirgsregenwäldern ist aus Gründen der Reliefbedingungen die Ausdehnung der Rodungsflächen eingeschränkt. Auch ist die Erschließung vieler Gebirgsregionen besonders schwierig gewesen und deshalb erst in jüngster Vergangenheit erfolgt. Dennoch sind die Eingriffe hier besonders wirksam, da - wie einleitend erwähnt - auf den von Wäldern entblößten Flächen Rutschungen besonders häufig auftreten.

Auch bei Ausbleiben von Rutschungsereignissen sind die Auswirkungen großflächiger anthropogener Eingriffe massiv. Dies betrifft nicht nur die natürliche Vegetation, welche meist vollständig zerstört wird, sondern auch die Böden. Einer herausragenden Funktion kommt dabei der organischen Bodensubstanz zu, die gerade in tropischen Ökosystemen ein wichtiges Reservoir im Nährstoffkreislauf des Systems Boden-Pflanze bildet. Die typische Inkulturnahme der Böden durch Abbrennen der natürlichen Vegetation führt meist auch zur Vernichtung der organischen Auflage. Die dabei freigesetzten Nährstoffe können zwar teilweise durch die nachfolgenden Kulturen genutzt werden, gehen jedoch zu bedeutenden Anteilen als Gasemissionen und durch Auswaschung aus dem Boden verloren. Insbesondere Ackerbau hat eine Störung der zuvor nahezu geschlossenen Kohlenstoff- und Nährstoffkreisläufe zur Folge. Ein gesteigerter Umsatz an organischer Substanz führt in den Mineralbodenhorizonten zu einem raschen Humusschwund um bis zu 50%.

Dies äußert sich auch in der raschen Freisetzung organisch gebundener Nährstoffe wie Stickstoff, Phosphor und Schwefel, die damit ebenfalls anfälliger für Verluste werden.

Insbesondere auf großflächigen Störungen erklärt die Nährstoffverarmung der Böden zusammen mit einer Reduktion der Samenbank im Boden bzw. der weiten Entfernung von Mutterpflanzen, warum auf diesen Flächen eine Regeneration der natürlichen Vegetation und der Böden, wenn überhaupt möglich, sehr langwierig ist. Teilweise können sich auf solchen Flächen Pionierpflanzen wie der Adlerfarn, die sonst in der natürlichen Vegetation keine oder nur eine sehr untergeordnete Rolle spielen, massiv ausbreiten und eine Wiederansiedlung heimischer Arten erschweren oder sogar verhindern.

#### Schlussfolgerungen

Der aktuelle Kenntnisstand zu diesen Prozessen und ihren Auswirkungen in tropischen Regenwaldprojekten, in denen gegenwärtig Bayreuther Biologen und Geowissenschaftler forschen, nährt kaum Hoffnungen auf eine komplette Erholung einmal so stark gestörter Bergwaldökosysteme. Die so außerordentlich arten- und endemismenreichen Lebensgemeinschaften, die sich über sehr lange Zeiträume unter relativ gleichbleibenden äußeren Bedingungen entwickelten, werden zunehmend verarmen, die erforderlichen Lebensräume immer mehr schrumpfen. Welche Konsequenzen sind vor allem zu befürchten?

Es wird gegenwärtig angenommen, dass ca. 70 bis 80 % aller Pflanzen- und Tierarten in den Tropen leben, über die Hälfte davon allein in den tropischen Regenwaldgebieten, die insgesamt nur etwa 10 % der Landoberfläche bedecken. Viele dieser Arten sind wissenschaftlich noch nicht erfasst. Man kennt weder ihre systematische Stellung noch ihre Verbreitung, schon gar nicht die Funktionen, die sie in ihren Le-

bensgemeinschaften besitzen. Auch weiß man natürlich nichts über ihre möglicherweise bedeutenden wirtschaftlichen Nutzungspotentiale. Hier geht ein außerordentlich wertvolles genetisches Potential unwiederbringlich verloren. Es ist natürlich nicht möglich, die restlichen mehr oder weniger naturnahen Bergwaldgebiete komplett zu schützen. Zu groß sind die berechtigten Forderungen der in diesen Räumen lebenden Bevölkerung an die Ressourcen „ihres“ Waldes, eingeschlossen die noch bewaldeten, für eine ackerbauliche oder weidewirtschaftliche Nutzung benötigten Flächen.

Umso wichtiger sind zwei Fragenkomplexe, denen sich auch die Bayreuther Forschergruppen und ihre Kollegen von anderen Universitäten stellen. In einem ersten geht es um die funktionalen Verknüpfungen in diesen Ökosystemen, z.B. um Kenntnisse der Beziehungen zwischen Pflanzen und Tieren

oder zwischen den Organismen und ihrer abiotischen Umwelt. Ergebnisse zu diesen Fragen sind unerlässliche Grundlage für einen wissenschaftlich begründeten Naturschutz, z.B. die Ausweisung der Lage und Größe von Schutzgebieten. In einem zweiten Fragenkomplex geht es darum, Formen einer ressourcenschonenden Landnutzung zu entwickeln. Die besondere Herausforderung besteht dabei darin, dem Prinzip der Nachhaltigkeit, welches in Mitteleuropa als Leitgedanke forst- und landwirtschaftlicher Nutzung gilt, auch in den tropischen Bergwaldgebieten zu mehr Geltung zu verhelfen. □

*Bild 5: Kahlschlag und Eukalyptus-Aufforstung in Munessa, Äthiopien.*





# Wasser

## verbindet

Marion Mertens\*

*Seit 1997 ist das Weißenstädter Becken im Fichtelgebirge Gegenstand intensiver Forschung des Bayreuther Instituts für terrestrische Ökosystemforschung (BIT-ÖK). Gemeinsam mit lokalen Verantwortlichen und der GeoTeam GmbH entstand 2001 ein beispielhaftes Verbundprojekt „nachhaltige Landnutzung und Gewässerschutz im Weißenstädter Becken“, das sich die Verbesserung der Trink- und Badewasserqualität zum Ziel gesetzt hat.*

### Das Weißenstädter Becken im Fichtelgebirge

Das Gebiet ist 32 km<sup>2</sup> groß und erstreckt sich zwischen dem Waldstein (877 m) im Norden und dem Schneeberg (1051 m) im Süden. Im Zentrum liegt der 52 ha große Weißenstädter See (613 m), der vor 25 Jahren als Bade- und Freizeitsee aufgestaut wurde. Nach Osten ist das Becken weitgehend ungeschützt. Obwohl es für einzelne Niederschlagsereignisse und hinsichtlich der Bewölkung deutliche Luv- und Lee-Erscheinungen an den höchsten Erhebungen gibt, muss im Mittel von Stauniederschlägen bei westlichen Strömungsrichtungen ausgegangen werden. Bei östlicher Anströmung kann insbesondere kalte Luft win-

terlicher Hochdruckgebiete (Böhmischer Wind) über das Egertal nahezu ungehindert in das Gebiet um Weißenstadt gelangen.

Die Wälder in den Höhenlagen sind fast reine Fichten-Monokulturen. Die in den 80er Jahren festgestellten schweren Waldschäden waren ein Grund für die Einrichtung von Intensivmessflächen des BITÖK am Waldstein. In den Talagen des Beckens gedeihen Roggen für eine nahegelegene Brotfabrik und Kartoffeln. Auf dem größten Teil der Felder wird allerdings Viehfutter angebaut: Neben Heu wird auch Gerste und Klee gras verfüttert.

Der Ackerbau gerät dabei in Konflikt mit einer weiteren bedeutsamen Nutzung: Im Weißenstädter Becken werden jährlich bis zu 2 Mio. m<sup>3</sup> Trinkwasser gefördert - das ist knapp die Hälfte des Trinkwasserbedarfs der Stadt Hof. Darüber hinaus ist der Weißenstädter See einer der meistbesuchtesten Badeseen in Nordbayern - und soll es auch bleiben. Daher wird in Weißenstadt großer Wert darauf gelegt, die Wasserqualität des Sees zu erhalten. Zusammen mit naturschutzfachlich hoch interessanten Moorflächen ergibt sich eine spannende Kombination verschiedenster Nutzungsansprüche auf eng-

stem Raum. Nicht alle Nutzungen ergänzen sich dabei gut: Landwirtschaft und Trinkwasserschutz geraten wegen der Nitratproblematik miteinander in Konflikt, auch die Interessen von Tourismus und Naturschutz sind häufig nur schwer in Einklang zu bringen.

### Vom Punkt in die Fläche

Bevor überhaupt an Anwendungen, wie etwa nachhaltige Flächennutzungskonzepte, gedacht werden konnte, waren die Forscher des BITÖK in Weißenstadt aktiv. Allen Forschungsaktivitäten gemeinsam ist hierbei der Ansatz der Regionalisierung: Wie kann ich flächenhafte Informationen erhalten, wenn ich nur an einzelnen Punkten messe? Aus dieser Fragestellung ergeben sich sofort eine Reihe weiterer Fragen: An wie vielen Punkten muss ich messen und wie müssen diese Punkte in der Fläche angeordnet sein? Welche Interpolationsverfahren sind geeignet? Wie lassen sich die errechneten Informationen in einer Karte darstellen? Schließlich stellt sich die Frage nach der Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Ergebnisse.

Der flächenhafte Denkansatz ist deshalb so bedeutsam, weil in der praktischen Anwendung (Konzepte für nachhaltige Landnutzung,



Kartierung naturschutzfachlich sensibler Flächen, Nährstoffbilanzierung,...) flächenhafte Aussagen wichtig sind. Mit Forschungsergebnissen, die nur an einem Punkt gültig sind, kann kaum jemand etwas anfangen. Auch für die großen Klimamodelle werden in immer größerem Umfang flächenhafte Daten benötigt.

Nachfolgend werden exemplarisch einige Forschungsaktivitäten im Weißenstädter Becken vorgestellt:

### Meteorologie/Klimatologie

Ausgangspunkt für jede klimatologische Untersuchung sind gesicherte Daten auf langjähriger Basis, die durch statistische Analysen und Vergleiche mit Umgebungsstationen gewonnen werden. In den letzten Jahren wurde im Rahmen eines studentischen Forschungsprojektes eine derartige Datenerhebung für das gesamte Egertal von der Quelle bis nach Karlovy Vary (Karlsbad, Tschechische Republik) durchgeführt (Foken, 2001).

Im Ergebnis zeigte sich, dass nicht nur die Höhenlagen des Fichtelgebirges, sondern auch das Weißenstädter Becken das Niederschlagsmaximum im Winter haben, was auf stärkere maritime Einflüsse hindeutet. Demgegenüber sind aber die Wintertemperaturen durch die offene Lage nach Osten deutlich niedriger als in anderen Gebieten des Fichtelgebirges, ein Indiz für die zeitweise kontinentale Beeinflussung. Für die landwirtschaftliche Nutzung und den Wintersport im Untersuchungsgebiet sind insbesondere die lokalen Auswirkungen des globalen Klimawandels von Interesse. Während sich bei den Niederschlägen nahezu keine Veränderung zeigt, sind die Jahresmitteltemperaturen in den letzten 40 Jahren um 1 Grad K gestiegen, die Wintertemperaturen sogar um 2 Grad K.

Neben den klimatologischen Eingangswerten wird durch die Abteilung Mikrometeorologie (Prof. Dr.

Thomas Foken) vor allem die obere Randbedingung, das heißt der Anschluss zur Atmosphäre bereitgestellt. Diese wird für die von Hydrologen und Ökologen untersuchten Prozesse des Wassertransportes im Boden benötigt. Dazu gehören nicht nur die Bestimmung der Niederschläge und Temperaturen auf bestimmte Flächen, sondern auch die Messung und Modellierung des Wasserverlustes an die Atmosphäre (Verdunstung). Derartige Messungen sind sehr aufwendig und wurden umfassend während eines Experimentes im Weißenstädter Becken bei Voitsumra im Jahr 1999 untersucht. Dieses Experiment war die Grundlage für eine Modellierung der Verdunstung in Abhängigkeit von Bodentyp und Landnutzung, deren Ergebnisse für die Modellierung der Stickstoffausträge herangezogen wurden (s.u.). Durch die gute Wasserversorgung des Untersuchungsgebietes ergeben sich hier nur geringe Variationen mit einer durchschnittlichen Jahresverdunstung von 400 mm ( $=1\text{ m}^2$ ).

### Pflanzenökologie

Am Lehrstuhl Pflanzenökologie von Professor John D. Tenhunen wurden die Wiesen des Weißenstädter Beckens untersucht. Hierbei wurde die ganze Palette unterschiedlich aufgebauter und genutzter Grünlandtypen gefunden: nur einmal jährlich gemähte, ungedüngte Wiesen, kleereiche 2-Schnitt-Wiesen und intensiv gedüngte 3-Schnitt Wiesen. Die Erkenntnisse über Biomasseproduktion, Transpiration (Verdunstung über Pflanzenblätter), Anteil abgestorbenen Pflanzenmaterials und Artzusammensetzung dienen zur Festlegung von Grünlandtypen, die dann für das gesamte Becken kartiert wurden.

Die Pflanzenökologen selbst sind vor allem an Eingabeparametern für große Klimamodelle interessiert, da die Transpirationsleistung von Grünlandbeständen sehr unter-

schiedlich sein kann. Vor allem aber bindet Grünland das klimawirksame Gas  $\text{CO}_2$  in sehr unterschiedlichem Ausmaß. Wird die Intensität der Grünlandnutzung großflächig verändert, kann dies positive oder negative Auswirkungen auf den globalen Kohlenstoffhaushalt haben.

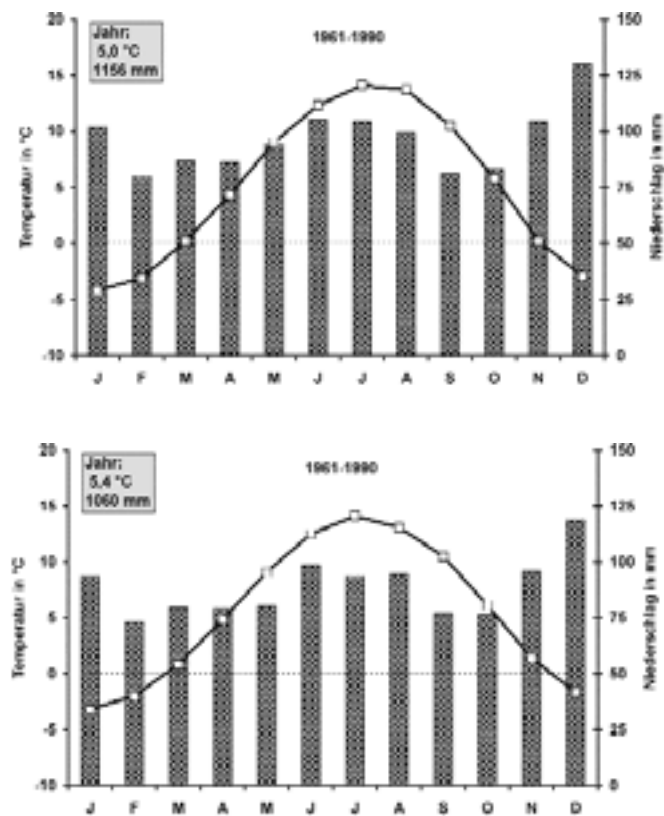
Die Abteilung Bodenphysik verwendet die kartierten Wiesentypen zur Abschätzung der Nitratausträge. Dies ist deshalb notwendig und sinnvoll, da je nach Wiesentyp in unterschiedlichem Maß gedüngt wird und sich auch die Zusammensetzung der Vegetation auf den Stickstoffhaushalt auswirkt: Klee und einige weitere Wiesenpflanzen sind in der Lage, Luftstickstoff zu binden und so zusätzlichen Stickstoff in den Boden zu bringen. Daher wurde für die verschiedenen Grünlandtypen der Kleeanteil abgeschätzt und in die Berechnung der Stickstoff-Gesamtbilanzen eingebracht.

### Bodenphysik

Die Abteilung Bodenphysik unter Professor Dr. Bernd Huwe beschäftigt sich mit der Simulation von Nährstoffverlagerungen im Boden. Dafür müssen neben den meteorologischen Daten Informationen über die Art des Bodens (Körnung und Dichte des Bodens, Humusanteil, Durchlässigkeit des Bodens für Wasser) und die Bewirtschaftung vorliegen. Insbesondere die Modellierung von Nitratausträgen aus landwirtschaftlich genutzten Böden hat eine hohe praktische Bedeutung, da das Grundwasser vor zu hohen Nitratreinträgen geschützt werden muss: Übersteigt die Nitratkonzentration 50 mg/l, so darf das Grundwasser nicht mehr als Trinkwasser genutzt werden. Hintergrund dieses von der EU festgelegten Grenzwertes ist zum einen die sog. Blausucht bei Kleinkindern bei zu hoher Nitrataufnahme, zu anderen die körpereigene Umwandlung von Nitrat in Nitrit und schließlich zu



Messmast der Universität Bayreuth, Abt. Mikrometeorologie, im oberen Egertal im Jahr 1999 mit dem Schneeberg im Hintergrund



Klimadiagramm für den Waldstein (Messfeld Pflanzgarten, 765 m ü. NN), oben, und Weißenstadt (620 m ü. NN), Datengrundlage: Foken (2001)

Nitrosaminen; letztere gelten als krebserregend.

Für das Weißenstädter Becken wurde FuN-Balance (Fuzzy-Nitrogen-Balance) (Mertens, 2001) entwickelt, ein Stickstoff-Bilanzmodell, das mit Hilfe von sogenannten Fuzzy-Zahlen nicht nur die Höhe der Nitratausträge aus Böden berechnet, sondern auch die Genauigkeit der Ergebnisse abschätzt. Um das Modell möglichst realitätsnah zu gestalten, wurden als Eingabewerte die Aussagen von Landwirtschaftsexperten herangezogen. Diese in der Wissenschaft an sich unübliche Vorgehensweise eröffnete den Weg in die Praxis und führte zu einer intensiven Zusammenarbeit mit Fachbehörden, Planungsbüros und Landwirten. Um zu einer flächenhaften Abschätzung der Nitratausträge ins Sickerwasser zu gelangen, müssen alle im Modell verwendeten Eingangsdaten flächendeckend vorliegen, und zwar in einer räumlichen Auflösung, die die Unterscheidung der

verschiedenen Acker- und Grünlandflächen im Untersuchungsgebiet erlaubt. Mit Hilfe von digitalisierten Karten zur Geologie, Landnutzung, Geländeneigung und Bodenschätzung und der Auswertung von etwa 100 eigenen Bodenprofilen wurde auf die Wasserleitfähigkeit der Böden auf den einzelnen Feldern geschlossen.

Um die vorhandene Datenbasis optimal nutzen zu können, erfolgte die Auswertung mit einem CART (classification and regression trees) genannten Verfahren, das die vorhandenen Informationen in einer Art Entscheidungsbaum gruppiert. Dabei werden jedem punktförmig kartierten Bodenprofil die entsprechenden flächendeckend vorhandenen Informationen (Geologie, Landnutzung,...) zugewiesen und mit Hilfe dieser Informationen auf die Zusammensetzung der Bodenprofile auf den nicht beprobten Flächen geschlossen. Die Verteilung der Bodenprofile im Weißenstädter Becken lässt sich dann als Karte darstellen. Schließlich kann aus der Zusammensetzung der verschiedenen Bodenprofile auf deren Wasserleitfähigkeit geschlossen werden.

Die Verarbeitung der flächendeckenden Informationen in digitale Karten erfolgt mit Hilfe eines sog. GIS (Geographisches Informationssystem), im vorliegenden Fall des kommerziellen Programmpaketes ArcView 3.2.

### Nachhaltige Landnutzung und Gewässerschutz

Seit Herbst 2001 fördert die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) ein Kooperationsprojekt zwischen dem BITÖK, der GeoTeam GmbH, der Stadt Weißenstadt und der HEW HofEnergie+Wasser GmbH (ehemals Stadtwerke Hof), mit dem Ziel einer nachhaltigen Landnutzung im Weißenstädter Becken. Vorrangiges Ziel ist hierbei der Erhalt der Trink- und Badewasserqualität. Bereits seit 1996 werden im Auf-

trag der HEW Hof Ausgleichszahlungen an die Landwirte im Wasserschutzgebiet geleistet. Diese nach dem Wasserhaushaltsgesetz vorgeschriebenen Zahlungen sind ein Ausgleich für die Nutzungseinschränkungen (z.B. Verbot der Gülle-Ausbringung), denen ein Landwirt im Wasserschutzgebiet unterliegt. Im Auftrag der HEW werden von der GeoTeam GmbH im Herbst die Nitratkonzentrationen auf besonders auswaschungsgefährdeten Flächen gemessen und die Landwirte in Abhängigkeit von den festgestellten Nitratwerten entlohnt. Durch dieses Verfahren werden die Landwirte zu einer Bewirtschaftung angeregt, die vor der Hauptauswaschungsperiode im Winter möglichst wenig Nitrat im Boden hinterlässt.

Dieses Verfahren soll in der Zukunft verfeinert und auf den zweiten Problemnährstoff, das Phosphat, ausgeweitet werden. Zwar spielt Phosphat für die Trinkwasserqualität keine Rolle, es beeinflusst die Qualität des Seewassers jedoch maßgeblich, denn es ist einer der limitierenden Nährstoffe für das Algenwachstum. Phosphat wird nicht nur aus landwirtschaftlichen Flächen - v.a. durch Bodenerosion - in Gewässer eingetragen, sondern gelangt auch über die Abflüsse von Fischteichen in den Weißenstädter See. Insgesamt liegen ca. 120 Fischteiche im Einzugsgebiet des Sees: Man unterscheidet zwischen ungenutzten Teichen, Karpfenteichen, Angelteichen und Forellenteichen, die in höchst unterschiedlicher Weise zu den Nährstoff-Einträgen in den See beitragen.

Das Verbundprojekt „Wasserverbindet“ hat sich zum Ziel gesetzt,

- über die Ursachen der Gewässerbelastung aufzuklären,
- die Land- und Teichwirte für eine nachhaltige Landnutzung zu motivieren,
- Nutzungskonflikte zwischen den verschiedenen Interessensgruppen

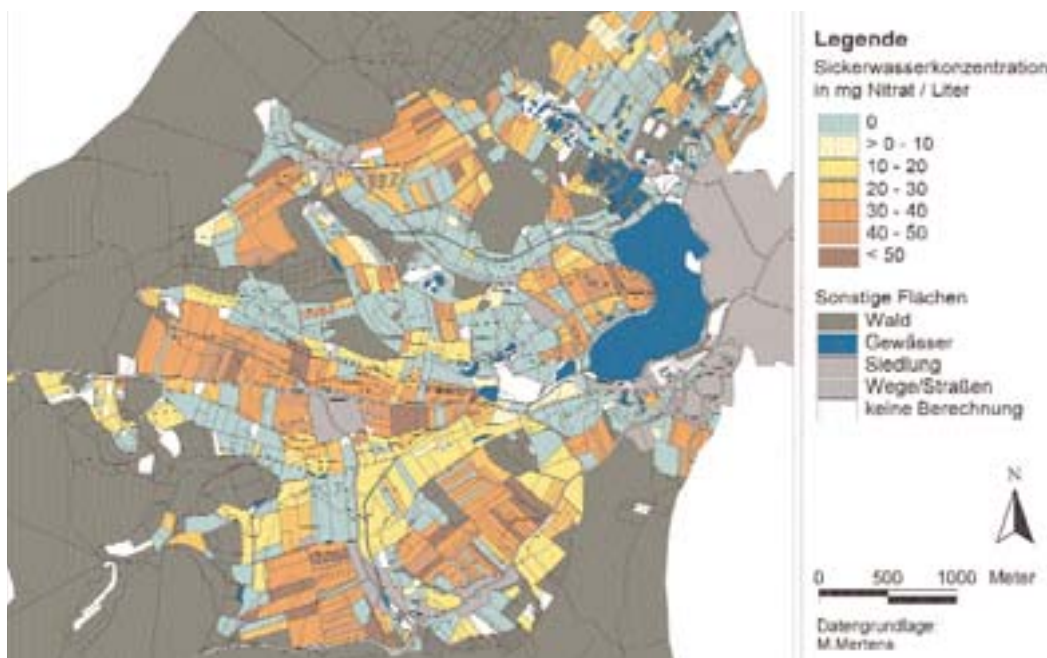
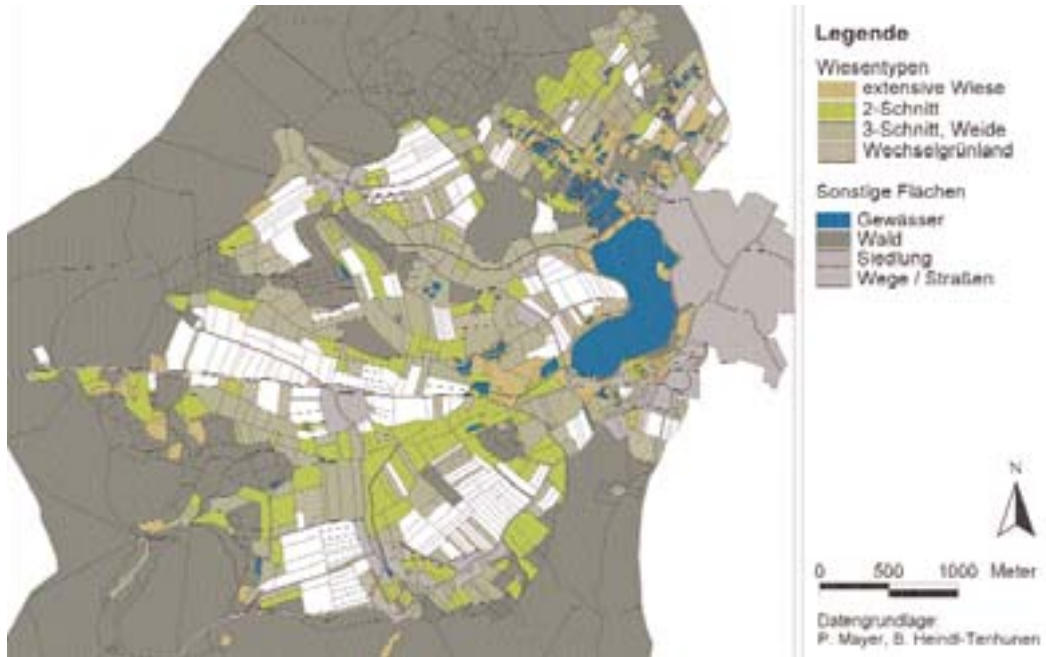
zu lösen bzw. zu vermeiden,

- zu einem effektiven Einsatz der Fördermittel des Freistaats Bayern und der EU beizutragen,
- die gewonnenen Erfahrungen für andere Einzugsgebiete anwendbar zu machen.

Konkret sind folgende Maßnahmen geplant:

- Entwicklung eines neuartigen Modells für die Prognose der Gewässerbelastung,
- Bereitstellung einer praxisorientierte Software-Lösung zur Datenverwaltung,
- Intensivierung der privaten und amtlichen Beratung für die Land- und Teichwirte,
- Verbesserung der Prämienangebote der HEW Hof für eine grundwasserschonende Bewirtschaftung,
- Optimierung der Teichbewirtschaftung (Fütterung, Ablassen, Abfischen, etc.),
- Einrichtung einer Informations- und Kommunikations-Plattform im Internet.

Den oben genannten Maßnahmen liegt die Einsicht zugrunde, dass Ressourcenschutz letztlich nur mit den betroffenen Land- und Teichwirten, und nicht gegen sie durchgeführt werden kann. Zur Erhöhung der Akzeptanz ist es wichtig, die Auswirkungen verschiedener Nutzungsszenarien öffentlichkeitswirksam und transparent darzustellen. Um hierzu überhaupt in der Lage zu sein, müssen zunächst einmal die Stoffeintragspfade und deren Veränderungen bei Nutzungsumstellung bekannt sein. Dann erst können Maßnahmen sinnvoll und zielgerichtet geplant werden. An diesem Punkt kann und muss die Forschung einen wichtigen Beitrag leisten. Der nächste und entscheidende Schritt ist jedoch die praktische Umsetzung: Sinnvoller Einsatz von finanziellen Mitteln zur Steuerung des Umweltverhaltens, intensive Beratung der Betroffenen und Öffentlichkeitsarbeit sind unabdingbar, um zu einer tatsächlichen Verbesserung der Gesamtsituation zu



kommen. □

\* Die Autorin (Dipl.-Geoökologin) Dr. Marion Mertens ist Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Bayreuther Institut für Terrestrische Ökosystemforschung (BITÖK) und in der Abteilung Bodenphysik.

E-mail: marion.mertens@uni-bayreuth.de

Literatur:

Mertens, M., 2001. Die Anwen-

dung der Fuzzy-Set-Theorie auf die Modellierung von Stickstoffbilanzen im Weissenstädter Becken. Bayreuther Forum Ökologie, Band 85, 215 S.

Foken, T. (Hrsg.), 2001. Lufthygienisch-Bioklimatische Kennzeichnung des oberen Egertales. Abt. Mikrometeorologie, Arbeitsergebnisse, 14, 120 S.

[www.wasser-verbindet.de](http://www.wasser-verbindet.de)



# Reiner Quell?

Gunnar Lischeid

*Quellwasser gilt als Inbegriff der Reinheit. Inzwischen lassen sich allerdings fast überall im Grund- und Quellwasser Mitteleuropas durch die Luft eingetragene Schadstoffe nachweisen. Die Abteilung Hydrogeologie des BITÖK untersucht diese Prozesse und schätzt zukünftige Entwicklungen ab.*

## Problemstellung

Panta rhei - alles fließt. Dies gilt insbesondere für die waldreichen Gegenden Nordbayerns, in denen das Grundwasser in vielen Quellen zutage tritt. Diese Quellwässer haben allerdings nicht nur eine touristisch oder ökologisch wichtige Funktion, sondern werden in Nordostbayern auch vielerorts für die Trinkwasserversorgung genutzt. Als Folge der langjährigen Schadstoffeinträge durch die Luft, die in den 80er Jahren unter dem Stichwort „Saurer Regen“ bekannt wurden, weist allerdings auch das Grundwasser in Waldgebieten vielerorts nicht mehr die ursprüngliche Reinheit auf. Die wichtigsten Stoffe sind hierbei Schwefel und Stickstoff, die inzwischen auch in industriefernen Regionen in hohen Konzentrationen zu finden sind. Glücklicherweise sind die Schwefeleinträge aufgrund der in den letzten beiden Jahrzehnten ergriffenen Luftreinhaltemaßnahmen um ca. 70% zurück gegangen. Die Stickstoffeinträge beharren allerdings aufgrund der intensiven Landwirtschaft und des stetig zunehmenden Verkehrs weiterhin auf hohem Niveau. Aufgrund des „langen Gedächtnisses“ des tieferen Untergrunds sind die Auswirkungen der Schadstoffeinträge dabei oft erst mit langjähriger Verzögerung im Grund- und Quellwasser zu beobachten.

## Untersuchungsprogramm

Im Fichtelgebirge (Lehstenbach-

Gebiet) und Steigerwald (Steinkreuz-Gebiet) werden diese Zusammenhänge detaillierter untersucht. Der Schwerpunkt liegt auf zwei kleineren bewaldeten Wassereinzugsgebieten, in denen ganzjährig meteorologische, hydrologische und hydrochemische Messungen in Zusammenarbeit mit verschiedenen Abteilungen der Universität Bayreuth und anderer Institute durchgeführt werden. Einzelne Parameter werden in 10-minütigen Intervallen gemessen, vor Ort gespeichert und über Telefonleitung oder via Notebook vor Ort ausgelesen (Abb.1). Regelmäßig werden in Wasserproben des Niederschlags, der Bodenlösung, des Grund- und des Bachwassers ca. 20 Inhaltsstoffe analysiert. Zur Analyse der umfangreichen Datensätze werden unter anderem Künstliche Neuronale Netze eingesetzt. Damit ist es möglich, auch nicht-lineare und komplex erscheinende Zusammenhänge aufzudecken. Ziel ist es, die in den Datensätzen enthaltenen Informationen über die zugrundeliegenden Prozesse möglichst vollständig auszuschöpfen. Die aus Laboruntersuchungen und Feldexperimenten gewonnenen Erkenntnisse können somit im größeren Maßstab überprüft, revidiert und verbessert werden. Damit können nicht nur akute Belastungsspitzen besser prognostiziert werden, son-



*Abbildung 1: Messstation im Überlauf einer Trinkwasserfassung im Fichtelgebirge zur Zeit der Schneeschmelze. Mit dieser Anlage werden Wasserführung, Wassertemperatur, pH-Wert und weitere chemische Parameter alle 10 Minuten erfasst und aufgezeichnet.*

dern auch die zukünftige Entwicklung der Wasserqualität abgeschätzt werden.

## Sulfat

Hohe Sulfatkonzentrationen haben hohe Aluminiumkonzentrationen und niedrige pH-Werte zur Folge. Diese liegen nicht nur vielerorts außerhalb des nach der Trinkwasserverordnung zulässigen Rahmens, sondern stellen z.B. auch eine akute Gefährdung der Bachwasserfauna insbesondere während der für die Fortpflanzung entscheidenden Frühlingsmonate dar. Die im Untergrund des Lehstenbach-Gebietes enthaltenen Schwefelmengen sind ausschließlich auf Schadstoffeinträge zurückzuführen. Die Gesamtmengen bis in 10 m Tiefe betragen das ca. 100fache der jährlich mit dem Bachwasser ausgetragenen Menge. Der Schwefel liegt dabei fast ausschließlich als Sulfat vor.

Der zeitliche Verlauf der Sulfatkonzentrationen in den Bächen spiegelt die räumliche Verteilung des Sulfats im Untergrund wider. Während längerer Trockenphasen im Sommer werden die Bäche ausschließlich vom tieferen Grundwasser gespeist. Mit zunehmender Wasserführung der Bäche steigt auch der Anteil des Grundwassers aus oberflächennahen Schichten. Als Folge der hohen Schwefeleinträge wiesen diese Schichten in den 80er Jahren sehr hohe Sulfatgehalte auf, so dass während der Abflussspitzen sehr hohe Konzentrationen gemessen wurden. Im Zuge der zurückgehenden Einträge sind die Sulfatgehalte im Oberboden aber inzwischen niedriger als in den darunter liegenden Schichten, so dass die Belastungsspitzen im Bachwasser deutlich abgenommen haben (Abbildung 2). Im tieferen Grundwasser sind allerdings weiterhin ansteigende Sulfatkonzentrationen zu beobachten. Dies ist auf die unvermindert andauernde Verlagerung des Sulfats in größere Tiefen zurückzuführen. Damit re-

präsentiert der tiefere Grundwasserleiter das chemische Langzeitgedächtnis für die jahrzehntelangen Schadstoffeinträge, und die Relevanz der versauernden Stoffeinträge nimmt für die Wasserwirtschaft weiterhin zu.

### Stickstoff

Stickstoff als der wichtigste Nährstoff für die Pflanzen war noch Mitte des letzten Jahrhunderts der bedeutendste Mangelfaktor. Inzwischen übersteigen die Stickstoffeinträge die Aufnahme durch die Waldpflanzen aber um ein Mehrfaches, so dass vermehrt Nitrat in das Grundwasser ausgetragen wird. Hohe Nitratgehalte im Trinkwasser sind insbesondere für Säuglinge gefährlich. Darüber hinaus führen hohe Nitratgehalte in den Oberflächengewässern zur Eutrophierung.

Im oberflächennahen Grundwasser und im Bach des Steinkreuz-Gebietes wurden vereinzelt Werte von bis zu 30 mg/l beobachtet, insbesondere nach längeren trockenen und warmen Perioden. Vor dem Hintergrund des prognostizierten Klimawandels ist in Zukunft verstärkt mit solchen kritischen Situationen zu rechnen. Der Grenzwert der Trinkwasserversorgung von 50 mg/l wird damit zwar noch nicht erreicht. Trotzdem wird die limitierte Schutzfunktion des Waldes deutlich.

Detaillierte Untersuchungen liefern inzwischen deutliche Hinweise darauf, dass auch im tieferen Grundwasserleiter Nitrat in Sauerstoff-armen Bereichen reduziert wird und als molekularer Stickstoff

ausgast (Abb. 3). Für eine genauere quantitative Abschätzung ist die Kenntnis der Beschaffenheit des tieferen Grundwasserleiters entscheidend. Zu dessen Erkundung werden u.a. auch geophysikalische Verfahren durchgeführt (Abb. 4).

### Schlussfolgerungen

Auch in den walddreichen Regionen Nordbayerns ist mit einer zunehmenden Beeinträchtigung der Grundwasserqualität zu rechnen. Trotz der inzwischen deutlich gesunkenen Schwefeinträge kommt es zu einer Remobilisierung und fortschreitenden Verlagerung des in den vergangenen Jahrzehnten eingetragenen Schwefels in grössere Tiefen. Auch wird angesichts der weiterhin hohen Eintragsraten die Stickstoffproblematik künftig eine zunehmend stärkere Rolle bei der Trinkwasserversorgung spielen. Eine quantitative Abschätzung des längerfristigen Verhaltens erfordert eingehende Untersuchungen der Wechselwirkungen zwischen biologischen und redoxchemischen Prozessen. □

Abbildung 3 (rechts): Zusammenhang zwischen Sauerstoffsättigung und Nitratkonzentration im Grundwasser des Lehenbach-Gebietes (April - Mai 2000). An den einzelnen Brunnen wurden Grundwasserproben aus unterschiedlichen Tiefen analysiert.

Abbildung 4 (unten): Geoelektrische Aufnahme zur Erkundung des Untergrunds im Lehenbach-Gebiet. Bereiche niedrigen scheinbaren elektrischen Widerstands (blau) kennzeichnen vermoorte Bereiche, Bereiche hoher scheinbarer Widerstände (rot und braun) festen, unverwitterten Granit.

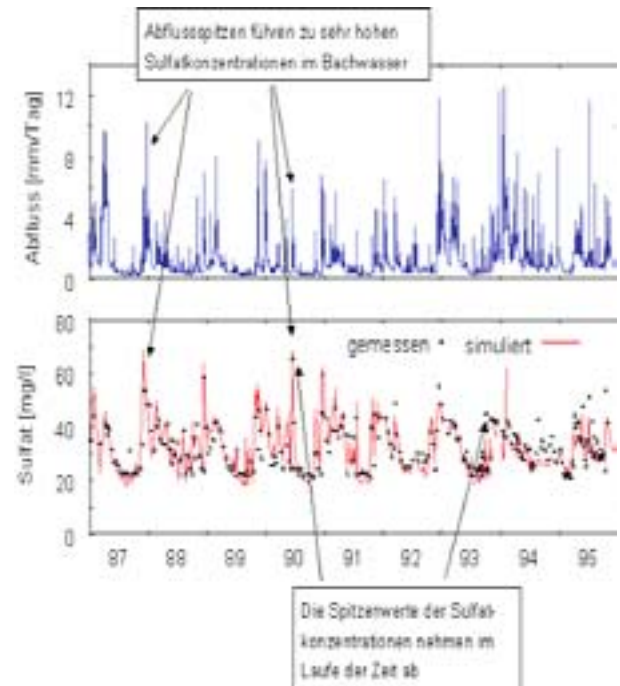
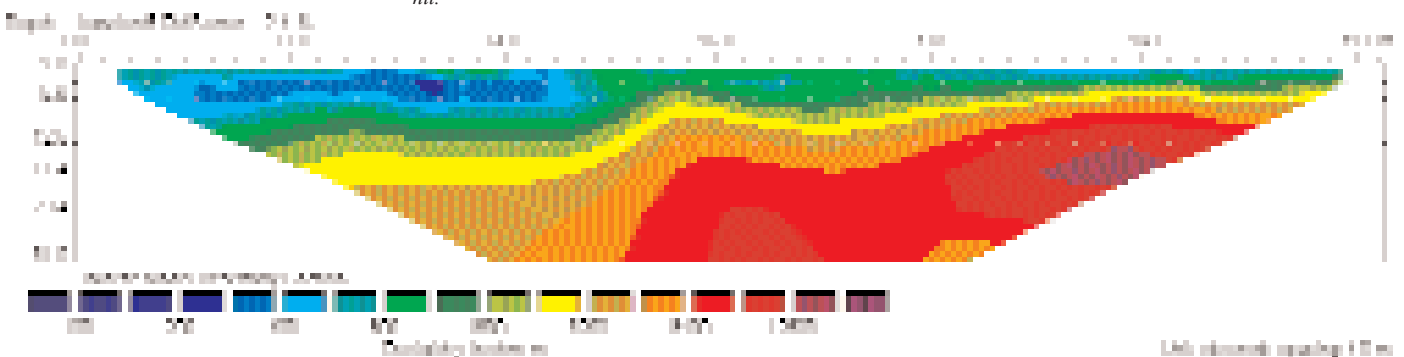
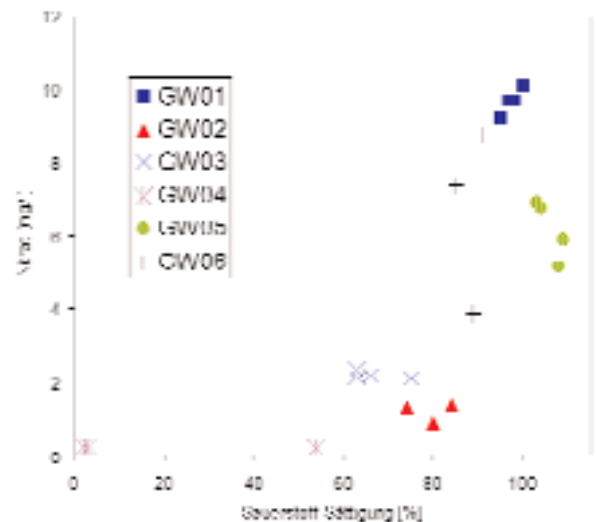


Abbildung 2 (oben): Verlauf der Schüttung (oben) und der Sulfat-Konzentrationen (unten) im Wasser des Lehenbaches 1987 - 1995. Zum Vergleich sind die Ergebnisse eines Simulationsmodells dargestellt. Die Daten wurden z.T. vom Bayerischen Landesamt für Wasserwirtschaft zur Verfügung gestellt.



# Böden als Quellen und Senken für CO<sub>2</sub>

Georg Guggenberger<sup>1)</sup>, Wolfgang Zech<sup>1)</sup> und Egbert Matzner<sup>2)</sup>

## 1. Problemstellung: Böden im globalen C-Kreislauf

Böden haben eine große Bedeutung für die gesamte C-Bilanz der Atmosphäre (Abb.1). Der C-Vorrat in Böden wird durch organische Substanz und Carbonate gebildet und erreicht global ca. 2300 Pg (1 Pg = 1015 g) bis in eine Tiefe von ca. 1 m. Der Vorrat an organischem C überwiegt deutlich mit 1550 Pg. Somit ist der C-Vorrat in Böden 4 mal größer als jener in der Biosphäre (Pflanzen + Tiere) und 3 mal so groß wie der C-Vorrat in der Atmosphäre. Bei Berechnung der Bodenvorräte auf 2 m Tiefe erhöhen sich die Vorräte und die genannten Relationen nochmals deutlich: So wird allein der organische C-Vorrat in Böden global auf ca. 2400 Pg bis in eine Tiefe von 2 m geschätzt. Allerdings unterscheiden sich die C-Vorräte in Böden deutlich je nach Klima, Vegetation und Bodeneigenschaften. Bezogen auf 1 m Tiefe variieren die C-Vorräte zwischen ca. 4 kg C m<sup>-2</sup> in den ariden Tropen und 24 kg C m<sup>-2</sup> in den borealen Klimaten. In der temperierten Zone werden ca. 12 kg C m<sup>-2</sup> gefunden. Die mittlere Verweilzeit von C in Böden wird auf ca. 25-40 Jahre geschätzt. Dies verdeutlicht, dass die Böden aktiv am globalen C-Umsatz teilnehmen. Allerdings kann ein Teil des organischen Kohlenstoffs im Boden über verschiedene Prozesse gegen Abbau geschützt werden, was dessen mittlere

re Verweilzeit bis auf mehrere Tausend Jahre erhöht.

Der globale C-Kreislauf ist heute

tung vornehmlich in tropischen Regionen 1-2 Pg C a<sup>-1</sup> in die Atmosphäre emittiert werden. Infolge

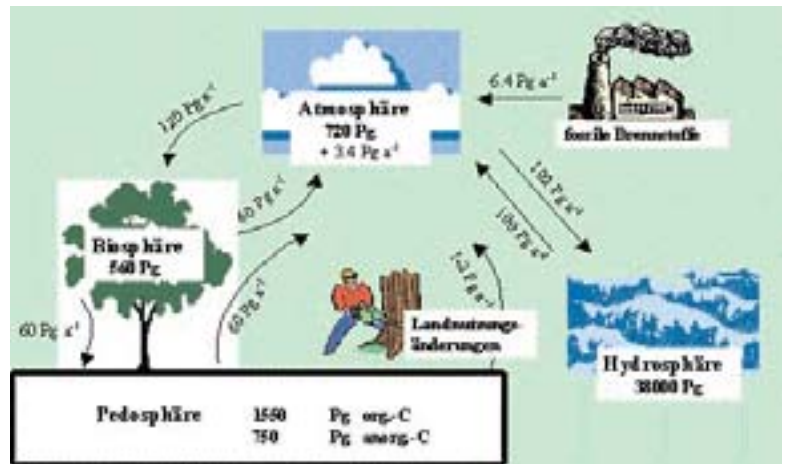


Abb. 1: Globaler C-Kreislauf (vereinfacht nach Lal, 2001)

gekennzeichnet durch eine jährliche Akkumulation von CO<sub>2</sub> in der Atmosphäre in Höhe von ca. 3,4 Pg. Diese Anreicherung wird maßgeblich für den sich bereits andeutenden Klimawandel verantwortlich gemacht und geht vor allem auf die Emission von CO<sub>2</sub> durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe zurück. Diese erreichen etwa 6,4 Pg C a<sup>-1</sup>. Die zweite wichtige Quelle für die Zunahme der CO<sub>2</sub>-Gehalte der Atmosphäre ist die Freisetzung von CO<sub>2</sub> aus Böden im Zuge von Landnutzungsänderungen. Es wird geschätzt, dass aktuell durch Rodung, Biomasseverbrennung, Drainage von Feuchtgebieten und durch die Bodenbearbei-

samt hat der Bodenvorrat an C durch Landnutzungsänderungen im letzten Jahrhundert global um 60 - 90 Pg abgenommen.

Die Bilanz des CO<sub>2</sub> für die Atmosphäre zeigt, dass die Flüsse bisher nur grob zu schätzen sind und die Akkumulation von „nur“ 3,4 Pg C a<sup>-1</sup> in der Atmosphäre aus den gegenwärtig geschätzten Quellen und Senken nicht zu erklären ist. Insbesondere scheinen einige Senken für CO<sub>2</sub> größer zu sein als bisher angenommen.

Der organische C im Boden repräsentiert ein Kontinuum von Substanzen mit unterschiedlicher Zusammensetzung und unterschiedlichen Umsatzzeiten. Sowohl in Modellen als auch in analytischen Untersuchungen werden organische



Substanzen mit ähnlichen Eigenschaften zu Pools bzw. Fraktionen zusammengefasst. Je nach strukturemchemischer Zusammensetzung der pflanzenbürtigen oder mikrobiell synthetisierten organischen Verbindungen und den im Boden ablaufenden Stabilisierungsprozessen betragen die mittleren Verweilzeiten einzelner Fraktionen  $< 1$  Jahr bis zu mehreren Tausend Jahren. Einige Substanzen (z.B. Holzkohle) gelten als nahezu vollständig stabil. Die quantitative Beschreibung des C-Umsatzes im Boden in Abhängigkeit von den wichtigsten Einflussfaktoren (Vegetation, Klima, Landnutzung und Bodeneigenschaften) ist trotz großer Forschungsanstrengungen nach wie vor sehr schwierig. Eine Vorhersage unter welchen Bedingungen Böden als Quelle oder Senke für  $\text{CO}_2$  agieren und die Unterstützung einer Senkenfunktion durch Bewirtschaftung wäre für die Lösung der globalen  $\text{CO}_2$ -Frage ein wichtiger Beitrag. Daher sind in den letzten Jahren international und national umfangreiche Forschungsarbeiten zur Rolle der Böden im globalen C-Kreislauf angelaufen. Der Lehrstuhl für Bodenkunde und Bodengeographie und der Lehrstuhl für Bodenökologie der Universität Bayreuth leisten mit ihren Arbeiten Beiträge zu diesem Problemkreis. Im folgenden wird auf drei Arbeitsgebiete eingegangen, bei denen die beiden Lehrstühle international führend sind.

## 2. Arbeiten an der Universität Bayreuth

### 2.1 Vom Blatt zum Humus: Streuzersetzung und C-Festlegung in Waldböden

Der organisch gebundene C in Böden stammt aus der toten pflanzlichen Substanz (Streufall), die im Zuge der Zersetzung einerseits zu  $\text{CO}_2$  abgebaut, andererseits in Huminstoffe umgewandelt wird. Der größte Teil des Streufalls wird als  $\text{CO}_2$  dem C-Kreislauf der Atmosphäre wieder zugeführt. Ein Teil

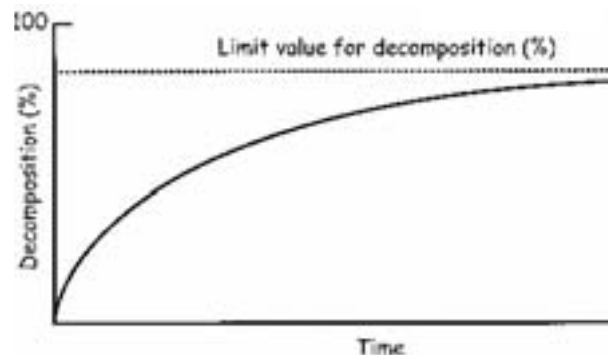
des im Streufall enthaltenen C wird aber langfristig im Boden gespeichert und hat im Zuge der Bodenentwicklung über einige Jahrtausende zur Akkumulation der großen Mengen an C in den Böden geführt. Häufig wird heute, im Falle von Waldböden der temperierten und borealen Zone, von einem Gleichgewicht der Streuanlieferung und des Abbaus (steady state) ausgegangen, d.h., es wird eine Konstanz der C-Vorräte im Boden unterstellt. Der in Abb.1 dargestellte globale C Kreislauf weist ebenfalls eine ausgeglichene Bilanz des Bodens auf: 60 Pg C als Streufall stehen 60 Pg C als  $\text{CO}_2$ -Freisetzung durch Respiration entgegen. Die Arbeiten am Lehrstuhl für Bodenökologie zeigen jedoch, dass dies in Böden der temperierten und borealen Zone nicht der Fall ist.

Bei der Streuzersetzung folgt der Abbau einem asymptotischen Verlauf über mehrere Jahre und strebt einem Grenzwert zu. (Abb.2). Der Grenzwert der Streuzersetzung beträgt im Falle eines vollständigen Abbaus 100%. Langfristige Untersuchungen zum Streuabbau ergaben aber, dass in vielen Fällen die Streu nur zu einem erheblich geringeren Anteil abgebaut wird und der Grenzwert der Streuzersetzung deutlich unter 100 %, teilweise bei nur 50% liegen kann. Somit wird ein beachtlicher Teil des C im Streufall im Zuge der Zersetzung in stabile Huminstoffe überführt, die einem Abbau nahezu vollständig unzugänglich sind (Rekalzitranz). Ferner ergaben die Arbeiten, dass der Anteil der Streu, der in stabile Huminstoffe überführt wird, von der Streuqualität abhängt. Hier zeigte sich der N-Gehalt der Streu als ein wichtiger Einflussparameter. Mit steigenden N-Gehalten der Streu wird der Grenzwert der Streuzersetzung geringer und es wird mehr Humus akkumuliert (Abb.3). Dies widerspricht der gängigen Lehrmeinung einer Förderung des Abbaus durch N, die in den Initialstadien der Streu-

zersetzung gefunden wird, nicht aber in den späten Stadien. Der Zusammenhang zwischen N-Gehalt und Abbau ist heute in temperierten Wäldern von großer Bedeutung, da durch Verbrennungsprozesse und landwirtschaftliche Aktivitäten große Mengen an N in die Atmosphäre gelangen und in Wäldern eingetragen werden. Dies hat eine Erhöhung der N-Gehalte in der Streu zur Folge. Die positive Rückkopplung zwischen N-Einträgen und Humusakkumulation ist somit für die Abschätzung der C-Senkenfunktion von Waldböden ein Meilenstein.

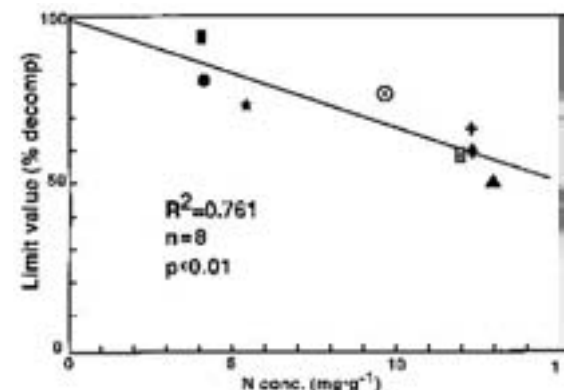
Modellrechnungen zeigen, dass die C-Festlegung durch Humusakkumulation in temperierten und borealen Wäldern je nach Streufall und N-Gehalt der Streu zwischen 5-50  $\text{g C m}^{-2} \text{ a}^{-1}$  liegen kann. Bei mittleren C-Vorräten in den Böden

Abb. 2: Grenzwerte der Streuzersetzung



der temperierten Wälder von ca. 12  $\text{kg m}^{-2}$  und Akkumulationszeiträumen von Dekaden können die Raten der C-Festlegung somit erheb-

Abb. 3: Grenzwert der Streuzersetzung in Abhängigkeit vom N-Gehalt der frischen Streu



lich sein. Der Einfluss des N auf den Abbau von Humus in Waldböden wurde in einem weiteren Projekt des Lehrstuhls für Bodenökologie im Labor untersucht. Dabei wurden aus verschiedenen Fichten-

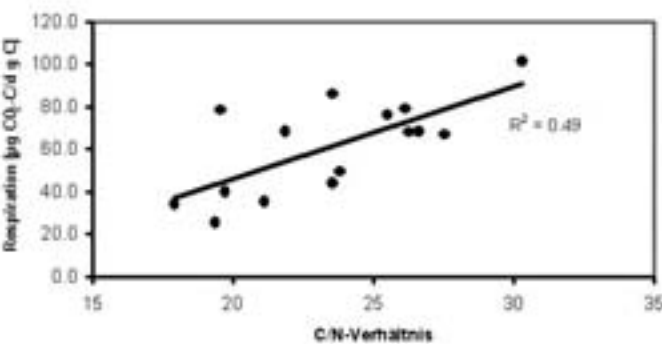


Abb. 4: Abbau von Fichten-Humus in Relation zum C/N-Verhältnis (Michel und Matzner, 2002)

Standorten Europas Humus und Bodenproben mit unterschiedlichem N-Gehalt entnommen und auf ihre Abbaubarkeit untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass mit steigendem N-Gehalt des Humus eine Abnahme der Abbaubarkeit einhergeht (Abb. 4). Der postulierte positive Zusammenhang zwischen N-Gehalt von Streu und Humus und der C-Festlegung in Waldböden konnte somit bestätigt werden.

## 2.2 Wechsel des Phasenzustandes von organischem C: Rolle gelöster organischer Komponenten für die C-Festlegung in Waldböden

In Waldböden werden erhebliche Mengen an C in gelöster Form (DOC, dissolved organic carbon) mit dem Sickerwasser aus dem Auflagehumus in den Mineralboden transportiert. Die so in den Mineralboden verlagerte Menge an C liegt in Wäldern in Nordbayern zwischen 10 und 30 g C m<sup>-2</sup> a<sup>-1</sup> gemessen. Die Austräge an DOC aus dem Mineralboden mit dem Sickerwasser überschreiten aber in der Regel nicht 5 g C m<sup>-2</sup> a<sup>-1</sup>. Untersuchungen am Lehrstuhl für Bodenkunde und Bodengeographie zeigten, dass diese drastische Abnahme im Mineralboden v.a. auf Bindung an Minerale zurückzuführen ist. Mineralisation spielt dagegen nur

eine geringe Rolle. Die mit Abstand wichtigsten Bindungspartner für DOC sind pedogene Fe- und Al-oxy(hydroxy)de. Umgekehrt vermindert ein hoher Gehalt an C im Boden die weitere Bindung von DOC. Indikatoren für pedogene Fe- und Al-oxy(hydroxy)de wie die Gehalte an dithionitlöslichem Eisen und oxalatlöslichem Aluminium sowie die Gehalte an indigenem C im Boden erklären den Verteilungskoeffizienten zwischen DOC und Boden zu 75 % (Tab. 1). Der Bindungsprozess verläuft sehr schnell; bereits nach 15 Minuten sind 20-55 % des zugegebenen DOC aus der Lösung entfernt und nach 4 h wird mit einer Bindung von 80-95 % des zugegebenen DOC ein Gleichgewichtszustand erreicht. Untersuchungen mittels Infrarot-Spektroskopie ergaben, dass DOC v.a. unter Bildung einer stabilen kovalenten Bindung an die pedogenen Oxide gebunden wird. Aus der Kombination von Messungen der spezifischen Oberfläche mit N<sub>2</sub> und CO<sub>2</sub> und hochauflösender Rasterelektronenmikroskopie (H-REM) wird deutlich, dass neben äußeren Oberflächen auch die Porenräume der Mineralaggregate mit organischer Substanz belegt sind. Organischer C im intrapartikulären Porenraum von Mineralaggregaten ist wahrscheinlich effektiv vor mikrobiellem Abbau geschützt. Zukünftige Arbeiten haben zum Ziel, das Ausmaß dieser Stabilisierung zu quantifizieren.

Die starke Bindung und u.U. die Bildung von Diffusionsbarrieren erklärt, warum sich sorbierter organischer C kaum mehr von der Mineralphase durch Extraktion mit Bodenlösung von der Mineralphase entfernen lässt. Die enge Bezie-

hung zwischen dem Gesamtgehalt an organischem C im Boden und dithionitlöslichem Eisen (Abb. 5) sowie die Ähnlichkeit der strukturellen Zusammensetzung von eingetragenen DOC und mit NaOH aus den Unterbodenhorizonten extrahierbaren C (Abb. 6) kann daher mit der Stabilisierung von (D)OC durch Bindung an Minerale

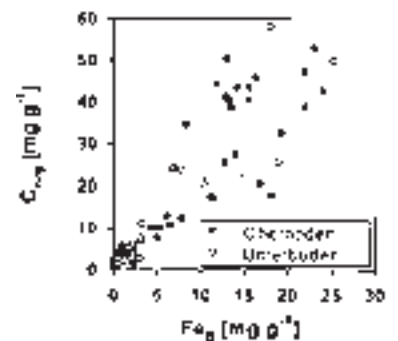


Abb. 5: Beziehung zwischen dem Gesamtgehalt an organischem C und dem dithionitlöslichen Eisen für Oberböden (n = 41) und Unterböden (Illuvialhorizonte; n = 18).

erklärt werden. Eintrag von DOC könnte daher für die langfristige C-Festlegung in Mineralböden eine wichtige Größe sein.

Um diese Hypothese zu testen, werden am Lehrstuhl für Bodenö-

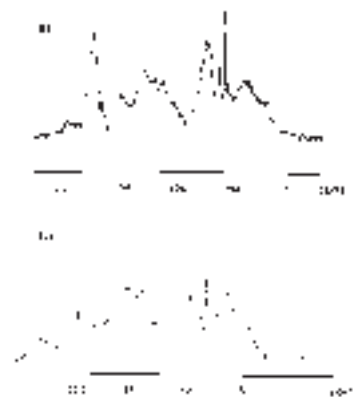


Abb. 6: Lösungs-<sup>13</sup>C-NMR-Spektren von DOM des Mineralbodeninputs und eines 0.5 M NaOH-Extraktes aus einem Bs-Horizont eines Podsols.

Schritt	Regressionsgleichung	r²
log Fe <sub>d</sub>	$m = -0.51 \pm 0.17 \text{ Fe}_d$	0.23
log OC	$m = 0.72 \pm 0.25 \text{ Fe}_d - 0.22 \text{ log OC}$	0.61
log Al <sub>i</sub>	$m = 0.64 \pm 0.15 \text{ Fe}_d - 0.26 \text{ log OC} + 0.19 \text{ log Al}_i$	0.75

Tab. 1: Schrittweise multiple Regression (Eingang bei p < 0.01) zwischen dem Verteilungskoeffizient für C zwischen Lösungs- und Festphase mit verschiedenen Bodeneigenschaften (n=91).

kologie einerseits Messungen zur Verlagerung von DOC im Freiland durchgeführt, andererseits Laboruntersuchungen zur Abbaubarkeit und Abbaugeschwindigkeit von DOC. Die Abbaubarkeit von DOC wird in Lösung durch Inkubationsversuche bestimmt, ferner werden Abbauprobe durchgeföhrt, nachdem DOC an Minerale des Bodensorbiert wurde. Die ersten Ergebnisse zeigen deutliche Unterschiede in der Abbaubarkeit in Lösung von DOC verschiedener Standorte, die mit der Zusammensetzung des DOC in Verbindung gebracht werden. Die Abbaukinetik lässt sich unter Annahme zweier Fraktionen (labil = schnell abbaubar; stabil = schwer abbaubar) gut beschreiben (Abb. 7). Bindung von DOM an die Mineralphase (Unterbodenhorizont) führt zu einer deutlichen Stabilisierung des organischen C gegenüber Abbau (Abb. 8). Die bisherigen Ergebnisse bestätigen die Hypothese, dass der DOC-Eintrag in den Mineralboden

einen wichtigen Beitrag zur C-Festlegung in Böden leistet.

### 2.3 Verkohlung biogenen Materials: Der Beitrag pyrogenen Kohlenstoffs zur C-Festlegung in Böden

Untersuchungen zum pyrogenen Kohlenstoff am Lehrstuhl für Bodenkunde und Bodengeographie gehen auf das Terra-Preta-Phänomen im Amazonasbecken zurück. Es galt, die Gründe für den Humusreichtum und die nachhaltige Fruchtbarkeit dieser anthropogenen Böden aufzuklären, welche sich inmitten der unfruchtbaren Oxisol-Bodenlandschaften befinden. Regelmäßige Holzkohlefindungen in den Terra Preta-Böden ließ auf den Input an Brandrückständen schließen. Da keine zufriedenstellende Methode zur Erfassung fein verteilten pyrogenen Kohlenstoffs existierte, wurde am Lehrstuhl eine oxidative Methode entwickelt, mit welcher selektiv polyaromatische Substanzen pyrogener Genese er-

fasst werden. Die quantitative Analyse des pyrogenen C in der Terra Preta ergab Anteile am Gesamt-C von bis zu 50 %, im umgebenden Oxisol lag dieser Anteil meist bei < 10 %. Die  $^{14}\text{C}$ -Altersdatierung des pyrogenen C ergab, dass dieser in den untersuchten Böden mit ca. 1000 - 3000 Jahren ähnlich alt ist wie die in den selben Profilen beprobte Holzkohle. Während diese Ergebnisse die hohe Stabilität von pyrogenem C belegen, so ist pyrogener C dennoch nicht inert. Dies zeigt der zunehmende Gehalt der Gehalt der organischen Substanz an Carboxylgruppen mit steigendem Anteil des pyrogenen C. Außerdem ist ein signifikanter Anteil des pyrogenen Kohlenstoff in der Tonfraktion zu finden. Dies ist auf Oxidationsprozesse, insbesondere auf der Oberfläche des pyrogenen C, zurückzuführen. Ein hoher Anteil von funktionellen Gruppen auf der Oberfläche des pyrogenen C ist verantwortlich für die Reaktivität des pyrogenen C mit der Mineralphase und die hohe Kationenaustauschkapazität des Terra Preta-Humus.

Die anthropogene Terra Preta ist sicher ein Spezialfall, bei welchem präkolumbianische Indianer wahrscheinlich gezielt Brandrückstände im Boden anreicherten. Derzeit wird in natürlichen Böden, insbesondere in Schwarzerden, der Beitrag von pyrogenem C zur C-Festlegung studiert. Zur Identifikation von fein verteiltem partikulärem C wird, wie auch in der Terra Preta, eine Kombination aus REM und Energiedispersiver Röntgenspektroskopie (EDX) eingesetzt (Abb. 9). Das geringe O/C-Verhältnis von < 0.5 im EDX-Spektrum von P1 weist auf die hocharomatische Struktur dieses Partikels hin. Die quantitative Untersuchung des pyrogenen C mit der oben erwähnten destruktiven Methode ergab, dass der Gehalt des organischen C an pyrogenem C im Oberboden zweier Schwarzerden aus Halle und Bad Lauchstädt 10 - 20 % beträgt,

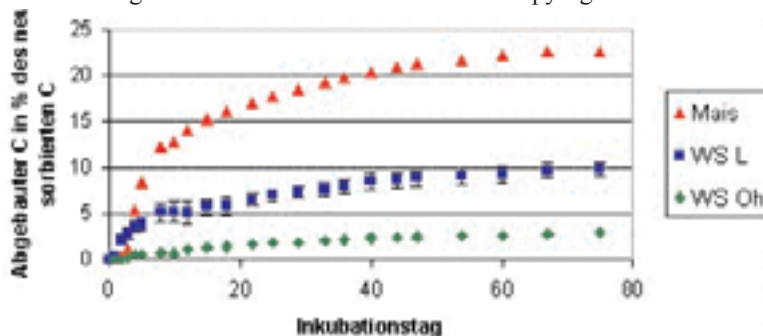


Abb. 7: Einfluss der Herkunft/Qualität der sorbierten (D)OM auf den Abbau

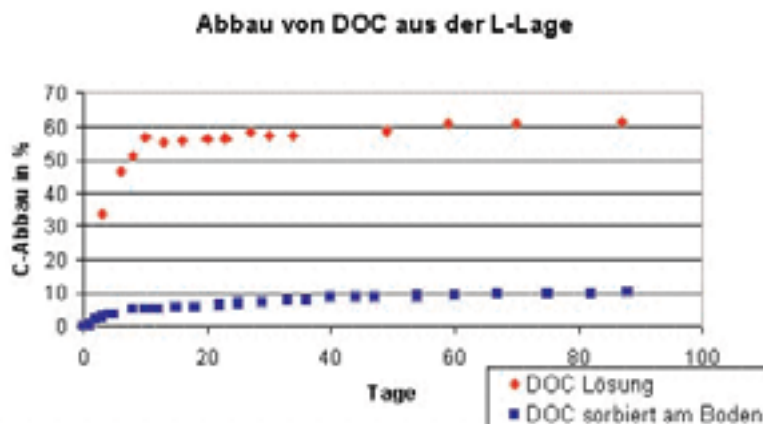


Abb. 8: Einfluss von Bindung an einen Unterboden auf den Abbau von (D)OC



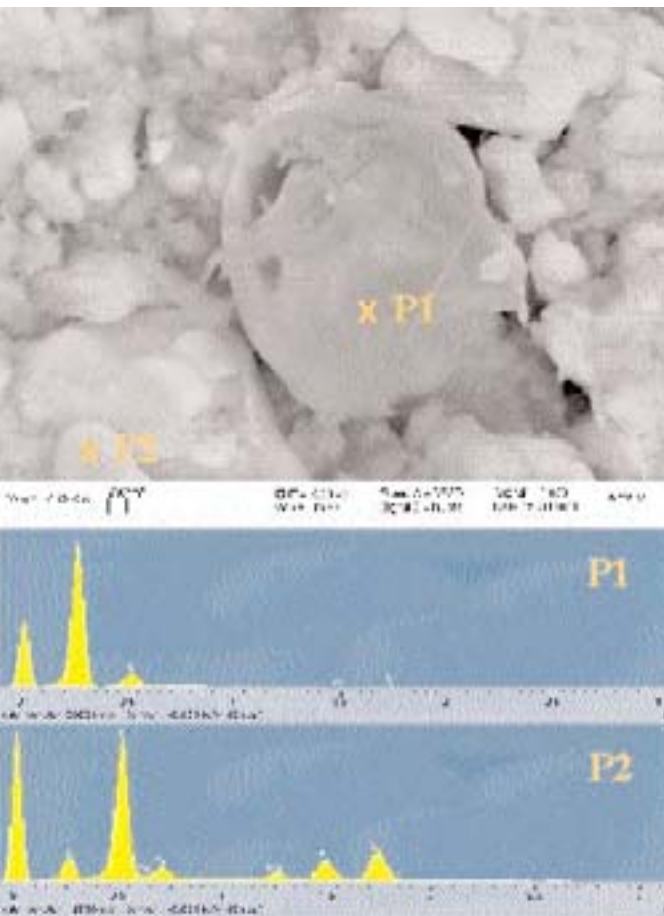


Abb. 9: Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme der Tonfraktion eines Oberbodens. P1 ist partikulärer C mit dem charakteristisch niedrigen O/C-Verhältnis im EDX-Spektrum; P2 ist ein Mineralpartikel.

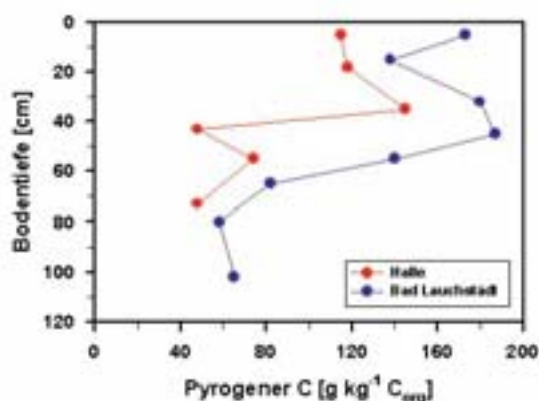


Abb. 10: Gehalte des organischen C an pyrogenem C in Tiefenprofilen der beiden Schwarzerden Bad Lauchstädt und Halle.

im Unterboden sind es noch 5 - 10 % (Abb. 10). Ähnliche Gehalte wurden in Schwarzerden aus den USA, Argentinien, Russland und China gefunden. Pyrogener C repräsentiert somit zumindest in diesen Böden einen signifikanten Anteil am Gesamt-C. Laufende Untersuchungen beschäftigen sich mit

den Prozessen der Oberflächenoxidation und mit den Umsatzraten dieser bisher in Böden vernachlässigten Fraktion des organischen C.

### 3. Zusammenfassung und Ausblick

Nachdem in der Vergangenheit die Rolle der Böden als Quelle für CO<sub>2</sub> im Vordergrund stand, wird heute zunehmend untersucht, unter welchen Bedingungen Böden als Senke für CO<sub>2</sub> agieren. Dabei ist klar geworden, dass die durch die historischen Landnutzungsänderungen ausgelösten C-Verluste aus Böden weitgehend ausgeglichen werden können. Erste Schätzungen zeigen, dass durch Aufforstungen, Änderungen der Bodenbearbeitung und andere Maßnahmen global 50-70 Pg C über einen Zeitraum von 25 - 50 Jahren in Böden stabil gebunden werden könnte. Dies wäre ein signifikanter Beitrag der Böden zum globalen C-Umsatz und zum Klimaschutz: Der potentiellen jährlichen Speicherung von 1-2 Pg C in Böden steht der jährliche Anstieg des CO<sub>2</sub> in der Atmosphäre von 3.4 Pg gegenüber.

Die an der Universität Bayreuth erzielten Ergebnisse zum Zusammenhang zwischen N-Emissionen bzw. Depositionen und der C-Festlegung in Waldböden, zur Bedeutung gelöster organischer C-Verbindungen für den C-Umsatz und zur Rolle des Feuers bei der C-Festlegung in Böden sind ein wichtiger Beitrag zu dieser Problematik und haben internationale Beachtung erfahren.

Aufgrund der Komplexität der Fragestellung und der Vielfalt der Böden und Klimate besteht nach wie vor aber erheblicher Forschungsbedarf. In zukünftigen Arbeiten sollten v. a. die folgenden Punkte behandelt werden:

- Verbesserung der quantitativen Schätzungen auf globaler Skala
- Raten der C-Festlegung in verschiedenen Ökosystemen, insb. der Einfluss von Bewirtschaftungsmaßnahmen

- Wechselwirkungen der C-Umsätze im Boden mit Änderungen der Temperatur und der CO<sub>2</sub>-Konzentrationen in der Atmosphäre
- Bedeutung der pedogenen Carbonate für die C-Festlegung
- Quantifizierung des Einflusses verschiedener Stabilisierungsmechanismen für die C-Festlegung in Böden □

- 1) Lehrstuhl für Bodenkunde und Boden-geographie
- 2) Lehrstuhl für Bodenökologie

### Weiterführende Literatur

- Berg, B. und E. Matzner (1997) Effect of N deposition on decomposition of plant litter and soil organic matter in forest systems. *Environmental Matters* 5, 1-25.
- Berg, B. (2000) Initial rates and limit values for decomposition of Scots pine and Norway spruce needle litter: a synthesis for N-fertilized forest stands. *Canadian Journal of Forest Research* 30, 122-135.
- Guggenberger, G. und K.H. Haider (2002) Effects of mineral colloids on biogeochemical cycling of C, N, P and S in soils. In: P.M. Huang, J.-M. Bollag und N. Senesi (Hrsg.). *Interactions between Soil Particles and Microorganisms and their Impact on the Terrestrial Environment*. IUPAC Series on Analytical and Physical Chemistry of Environmental Systems. Wiley-Interscience, New York, NY, USA. Im Druck.
- Kaiser, K. und G. Guggenberger (2000) The role of DOM sorption to mineral surfaces in the preservation of organic matter in soils. *Organic Geochemistry* 31, 711-725.
- Lal (ed) 2001: Soil Carbon Sequestration and the Greenhouse Effect. *Soil Sci. Soc. Am. Special Publ. Nr. 57*, Madison, WI, USA.
- Michel, K. und E. Matzner (2002) Nitrogen content of forest floor Oa layers affects carbon partitioning during decomposition. *Soil Biology and Biochemistry*. Im Druck.
- Post, W.M., Emanuel, W.R., Zinke, P.J. und A.G. Stangenberger (1982) Soil carbon pools and world life zones. *Nature* 29, 156-159.
- Schlesinger, W.H. (1997). *Biogeochemistry - An Analysis of Global Change*. Academic Press, Sand Diego, FL, USA.
- Zech, W. und Guggenberger, G. mit Hauumaier, L., Pöhlhacker, R., Schäfer, D., Amelung, W., Miltner, A., Kaiser, K. und F. Ziegler (1996). Organic matter dynamics in forest soils. In: A. Piccolo (Hrsg.). *Humic Substances in Terrestrial Ecosystems*. Elsevier, Amsterdam, pp. 101-170.

# Ideen muß man haben!

Jürgen Abel

Die möglichst schnelle Umsetzung akademischen Know-hows in wirtschaftliche Prozesse ist genauso oft noch ein schöner Traum wie die Ansiedlung vieler kleiner Firmen im Umfeld einer Universität, weil Forscher ihr Wissen als vermarktbare identifiziert haben. Die gedanklichen Gräben zwischen Wissenschaft und Kommerzialisierung sind oft genug nicht zu überwinden. Doch es geht, wie ein Beispiel aus dem Umfeld des Hydrologen Professor Dr. Reimer Herrmann zeigt. Und dass die Gründungsberatung dabei eine wichtige Rolle spielt, wird auch gleich deutlich.

Dr. Thomas Striebel hat Hydrologen-„Stallgeruch“: Geoökologie hat er in Bayreuth studiert, hat hier seine Diplomarbeit geschrieben und auch seine Doktorarbeit fertig gestellt. Doch das Wissenschaftlerleben trägt nur eine gewisse Zeit. Eine freie Mitarbeit bei einer Hofer Firma brachte den Durchbruch. Dort erhielt er nämlich den Eindruck, dass man mehr aus den beiden Patenten machen könne, die bei der Firma im Bereich der Seen-Sanierung und der Trinkwasseraufbereitung vorhanden sind. „Die Idee, in die Gewässersanierung zu gehen, war schnell geboren, auch wenn der Markt nicht einfach ist“, meint Striebel rückblickend. Natürlich, Betroffene sehen oftmals das Sanierungsproblem, verfügen aber nicht über das nötige Wissen, es zu lösen. Was liegt da näher, als sich beraten zu lassen? Der einschlägige Begriff lautet dann „Consulting“. Das kann Dr. Striebel, hat er bei seinen vielen Projekten, die er an der Universität betreut und bearbeitet hat“ von der Pike auf gelernt.

Und noch ein Feld ist es, in dem sich Thomas Striebel „selber Kom-

petenz angeeignet“ hat: Er entwickelt für die Sanierungsfälle Spezialsoftware, um die sich große Software-Häuser nicht schert.

Dass es oftmals wirkliche oder stille Netzwerke sind, die Ideen voranbringen, wird durch die Tatsache belegt, dass Dr. Striebel einen Mitstreiter gewonnen hat, der hauptberuflich in einem anderen Feld tätig ist: Dr. Gerd Kammerer nämlich, an der Universität für die Patentberatung zuständig und - so sind die Zufälle - auch Geoökologe ist. Der Businessplan-Wettbewerb 2000 hatte in ihm die Überzeugung reifen lassen, dass „sich auch in Bayreuth etwas tun muß“. Also wurde etwas mit Striebel zusammen getan, nämlich von beiden als Gesellschafter die Firma „Geo Applica“ gegründet. Die Vorarbeiten begannen im Oktober vergangenen Jahres, am 23. November war bereits die junge Firma gegründet. Davor hatte noch ein anderes Universitätsmitglied seine Finger im Spiel, Andrea Mehling, die Gründerberaterin mit halber Stelle, die auch für die FH Hof zuständig ist und, so meint sie, viel mehr Zeit bräuchte, „um ähnliche und andere Ideen auf den Geschäftsweg zu bringen“. Was für die Wissenschaftsspezialisten oftmals eine unüberwindbare Hürde ist, nämlich sich um den Kapitalbedarf und um Fördermittel zu kümmern, war ihr Part. Ein konkreter Geschäftsfall ist bei „Geo Applica“ auch schon da: Es handelt sich um ein Projekt in Makedonien, wo der Ohrid-See erheblich verschmutzt wird und „Geo Applica“ den Auftrag hat, mit ihrem Know-how die Sanierung voran zu bringen und den See vor einem weiteren Zufluß von Abwässern zu schützen.

Für Professor Herrmann der Fall seines ehemaligen Mitarbeiters wie

gerufen, denn er ist sicher, dass ein Umdenkungsprozeß stattfinden muß, weil „viel zu viele interessante Forschungsergebnisse einfach brach liegen“ und nicht in pfliffige Geschäftsideen umgewandelt werden. Dies sieht der Bayreuther Hydrologe auch vor dem Hintergrund einer gewissen Absatzkrise der Geoökologen, die einst als Prunkstück fachübergreifender und breit angelegter Ausbildung beste Berufsaussichten zu haben schienen. Doch die Zeiten haben sich gewandelt, der Öffentliche Dienst nimmt heute viel weniger Absolventen auf als einst prognostiziert und der „Job als Angestellter“ wird immer wichtiger.

Nach wie vor werden die Geoökologen gut und schnell ausgebildet, lernen Doktoranden durch das Leiten einer Arbeitsgruppe in die Teamarbeit und dazu rasch selbstständiges Handeln. Doch was oftmals fehlt ist der Blick in die Geschäftswelt, was für Professor Herrmann ein Beleg dafür ist, dass Praktiker die jungen Akademiker schulen sollten und man bemüht sein sollte, das Know-how der Existenzgründung in die Lehre zu integrieren. „Wir machen das bereits durch Angebote von Ehemaligen“, bekräftigt der Hydrologe und weist darauf hin, dass diese freiwilligen Angebote sich großer Nachfrage erfreuten. Außerdem könne man solche Elemente leicht organisatorisch in das Studium einbauen, in dem man Studien- und Prüfungsordnungen darauf ausrichtet. Er ist sich sicher, dass die akademische Ausbildung neue Studierende nicht nur fit machen soll für die spätere berufliche Tätigkeit, „sondern es muß weiter gehen und die Universität muß auch die Möglichkeit haben, ihre Absolventen noch zu unterstützen.

□

Es war so etwas wie ein redaktioneller Super-GAU als die SPEKTRUM-Ausgabe 3/2001 erschien: Es fehlten in der Ausgabe, die den beiden Geisteswissenschaftlichen Fakultäten gewidmet war, fest eingeplante Artikel. Es waren Versehen und Verkettungen unglücklicher Umstände, wie sich bald herausstellte. Die SPEKTRUM-Redaktion streut Asche auf ihr Haupt, denn das darf natürlich nicht passieren und wir entschuldigen uns deshalb bei den Autoren. Betroffen hat es den „überwölbenden“ Artikel des damaligen Dekans der Sprach- und Literaturwissenschaftlichen Fakultät, Professor Dr. Ewald Mengel, und des Musikdidaktikers Professor Helmut Bieler. Zur Schadensbegrenzung werden beide Beiträge an dieser Stelle nachgeholt. Das mag für manche SPEKTRUM Leser guter Anlaß sein, das vorherige Heft noch einmal hervorzuholen und mit anderen Augen zu lesen. Übrigens: Auch wenn dieser Lapsus passiert ist, hat Ausgabe über die Geisteswissenschaften von vielen Seiten Lob eingeheimst. Diesen geben wir gerne an die Autoren weiter. J.A.

# Der Auftrag der Geisteswissenschaften

*Ewald Mengel*

Die Geisteswissenschaften an den Universitäten werden derzeit vermehrt ‚in die Pflicht‘ genommen. War es in der Vergangenheit so, daß sie ihren Auftrag weitgehend auf sich alleine gestellt und nur unter Bezugnahme auf ein internes Selbstverständnis formulieren konnten, sehen sie sich in der Gegenwart mit einer wachsenden Zahl externer ‚Auftraggeber‘ konfrontiert: Vor allem Politik und Wirtschaft treten mit den unterschiedlichsten Erwartungen und Forderungen an sie heran.

Selbstverständlich können und dürfen sich die Geisteswissenschaften diesen Erwartungen und Forderungen nicht verschließen. Sie müssen jedoch auch darauf bedacht sein, ihre Substanz zu verteidigen und einer einseitigen Vereinnahmung und Funktionalisierung durch die Gesellschaft entgegenzu-

wirken. Letztlich können sie ihren gesellschaftlichen Auftrag nur dann gut erfüllen, wenn sie ein gerüttelt Maß an Unabhängigkeit und Widerständigkeit bewahren.

Die Geschichte der Bayreuther Sprach- und Literaturwissenschaftlichen Fakultät der letzten fünf Jahre ist durch Umbruch gekennzeichnet: Von den zwanzig Professorenstellen der Fakultät mußten aufgrund des Erreichens der Altersgrenze der Stelleninhaber gleich acht Professuren neu besetzt werden. Eine weitere Professur wird im Verlauf der nächsten beiden Jahre wieder ausgeschrieben. Dies bedeutet, daß innerhalb eines Zeitraums von nur sechs Jahren fast die Hälfte der Professorenstellen eine Neubesetzung erfährt.

Die Sprach- und Literaturwissenschaftliche Fakultät hat es verstanden, diesen Umbruch als Chance

zu begreifen. Durch eine Vielzahl einschneidender Veränderungen hat sie ihre Reformwilligkeit und -fähigkeit unter Beweis gestellt. In einer Zeit, in der die personellen und materiellen Ressourcen der Universitäten landesweit stagnieren bzw. sogar zurückgefahren werden, ist es ihr nicht nur gelungen, den Stellenbestand zu sichern und die frei werdenden Stellen neu zu besetzen, sondern sie hat durch die Koordinierung ihrer Fächer in gemeinsamen interdisziplinären Forschungsprojekten, durch die Einführung neuer, Theorie und Praxis verbindender BA-Studiengänge sowie durch innovative MA-Studiengänge, die auf die Forschungsschwerpunkte der Fakultät bezogen sind, ihr Profil weiter schärfen können.

Was die Forschung betrifft, so muß sicher die Afrikaforschung nach



wie vor als Prunkstück bezeichnet werden. Am 1. Juli 2000 hat das neue interdisziplinäre Forschungskolleg „Lokales Handeln in Afrika im Kontext globaler Einflüsse“ (SFB/FK 560) seine Arbeit aufgenommen. Es wurde von der Sprach- und Literaturwissenschaftlichen Fakultät zusammen mit der kulturwissenschaftlichen Fakultät konzipiert und ersetzt den abgeschlossenen Sonderforschungsbereich 214 „Identität in Afrika“. Im Zentrum dieses Forschungskollegs, an dem die Fakultät mit mehreren Teilprojekten beteiligt ist und das vor allem auf Feldforschung beruht, steht dabei „ein Verständnis von ‚Lokalem‘ als ein sich stets wandelnder sozialer wie räumlicher Kontext. Handlungsprozesse erzeugen Lokalität, die ihrerseits wiederum den kontextuellen Rahmen für neue Handlungen bietet.“ (Kurzinformation auf der Homepage - siehe Rand!).

Darüber hinaus haben sich verschiedene sprach- und literaturwissenschaftliche sowie kulturwissenschaftliche Fächer zu einem Projekt „Stimme in Sprache, Rede und Gesang“ zusammengefunden, das sich in der Vorantragsphase befindet und das in ein weiteres Forschungskolleg oder eine weitere Forschergruppe einmünden soll.

In der Lehre wurden neue BA-Studiengänge in Anglistik, Romanistik und Swahilistudien eingeführt. Die Struktur dieser neuen Studiengänge ist fakultätsübergreifend angelegt, wobei genuin geisteswissenschaftliches Wissen mit anderem, naturwissenschaftlichem, juristischem oder ökonomischem Wissen vernetzt wird. Darüber hinaus öffnen sich diese Studiengänge interkulturellen Fragestellungen. Durch die Angleichung der Struktur an andere europäische Modelle

und die Durchführung der Lehre in den Fremdsprachen Englisch und Französisch tragen sie der Forderung nach Internationalisierung Rechnung und machen die Fakultät auch für ausländische Studierende attraktiv.

Neue, auf die Bayreuther Forschungsspezialitäten bezogene MA-Studiengänge tragen zusätzlich zur Profilierung in Forschung und Lehre bei. So existieren in den Fächern Anglistik, Romanistik und Afrikanistik bereits die MA-Studiengänge Intercultural Anglophone Studies, Etudes Francophones und Swahilistudien. Darüber hinaus sind weitere BA- und MA-Studiengänge geplant.

Mit der Umsetzung des Bayreuther Medienkonzepts, das kürzlich vom Senat beschlossen wurde, wird die Fakultät eine Professur für Medienwissenschaft erhalten, die an der Schnittstelle von Theaterwissenschaft und Medien bzw. Literatur und Medien angesiedelt werden soll und in der Lehre Module für den BA-Studiengang Theater und Medien und zwei weitere MA-Studiengänge, Musiktheater (und Medien) bzw. Literatur und Medien bereitstellen wird.

Die Einführung neuer, kürzerer Studiengänge an der Sprach- und Literaturwissenschaftlichen Fakultät hat nicht dazu geführt, daß der akademische Charakter der Ausbildung verraten wurde. Eher ist das Gegenteil der Fall: Die Verkürzung der Studienzeiten im Rahmen des BA-Studiums und die Vernetzung geisteswissenschaftlicher Fächer mit anderen Wissensgebieten haben zu einer Rückbesinnung auf ihre akademischen Kernkompetenzen und genuinen Stärken geführt. Anwendungs- und Praxisorientierung in den Geisteswissenschaften kann nicht heißen, den Fachhochschulen nachzustreben und lediglich unmittelbar ‚brauchbares‘ Wissen zu vermitteln. Es geht vielmehr darum, den Studierenden auf der Basis einer gründlichen fachwissenschaftlichen Ausbildung ein

methodisches und theoretisches Instrumentarium in die Hand zu geben, das sie in die Lage versetzt, sich selbständig in neue Wissensgebiete einzuarbeiten und das vorhandene bzw. neu entstehende Wissen theoretisch zu durchdringen und kritisch zu reflektieren. In einer Zeit, in der erworbenes Wissen in immer kürzeren Zyklen veraltet, ist dies auch für die Geisteswissenschaften die einzig sinnvolle Strategie.

Die Sprach- und Literaturwissenschaften an der Universität Bayreuth bieten gegenwärtig so eine Vielzahl moderner Forschungs- und Studienmöglichkeiten. Neben den Lehramtsstudiengängen im Fach Deutsch, die nach wie vor guten Zuspruch finden, und dem Magisterstudiengang, der sich schon immer durch größtmögliche Flexibilität und Kombinationsvielfalt ausgezeichnet hat und für die Ausbildung des akademischen Nachwuchses sehr wichtig ist, erlauben die neuen BA-Studiengänge den Absolventen den Eintritt in den Arbeitsmarkt in sehr jungem Alter. Gleichzeitig wurde auf der Basis von MA-Studiengängen ein differenziertes Weiterbildungsangebot für alle diejenigen gemacht, die eine akademische Vertiefung und Spezialisierung des Studiums anstreben.

Steigende Studentenzahlen bezeugen, daß sich die Sprach- und Literaturwissenschaftliche Fakultät auf dem richtigen Weg befindet. Für den in Zukunft immer stärker werdenden Wettbewerb der Universitäten untereinander sieht sie sich daher gut gerüstet. □

## Musikpädagogik:

# Können, Wissen, Fantasie

Helmut Bieler

*Über den Wert der Musik für den Menschen und für seine seelische und geistige Bildung sind bereits viele kluge und weniger kluge Gedanken geäußert worden. Die umfangreichen Ausführungen über eine sogenannte „Musische Bildung und Erziehung“ möchte ich nicht wiederholen. Der Begriff des „Musischen“ wurde oft strapaziert und leider auch oft politisch negativ ausgenutzt. Um diesem Missbrauch zu entgehen verwendete Hartmut von Hentig den Begriff des Ästhetischen und dessen Wirkung und befreite damit den Begriff von einer gefühligen pseudoreligiösen Funktion.*

Kunst hat mit Wahrnehmung zu tun. Angesichts von Malerei leuchtet dies unmittelbar ein. Ebenso beansprucht aber auch die Musik unsere Wahrnehmung, nämlich das Gehör sowie die ganzen Sinnes- und Gefühlserlebnisse, die das Wahrnehmen begleiten.

Das wäre also unser Auftrag: Die Sensibilität unserer Wahrnehmung

und Empfindung schrittweise zu schulen. Hentig meint, dass dies im Endergebnis auch zu „Selbstbestätigung und Selbstbefreiung“ führen könne und dass man dadurch auch die eigenen „Wahrnehmungs-, Ausdrucks- und Wirkungsmöglichkeiten“ entdecken könne. Dies ist eine grosse Hoffnung und ein Ziel von Musikpädagogik. Natürlich sind das - wie immer bei den Theoretikern - große Ziele und Wunschvorstellungen, die jedoch Kraft der Musik sehr oft von selbst angeregt werden und dann auch eintreffen.

Aber: Es gibt bei der Musik ganz wichtige Voraussetzungen:

Man muss nämlich, wenn man Musiker oder Musikpädagoge werden will, erst einmal viel können.

Das heißt ganz schlicht: Arbeit, regelmäßige Übung, Erfahrungen

sammeln und viele Angebote und Möglichkeiten wahrnehmen.

Das ist nämlich die eigentliche Aufgabe des Faches Musikpädagogik: zunächst einmal das Können auszubilden, das Wissen zu intensivieren und gleichzeitig neue Erfahrungen zu sammeln. Diese können dann wiederum individuell umgesetzt werden, persönlich wie auch didaktisch-pädagogisch.

Können - Wissen - Fantasie - sind wichtige Punkte unserer Ausbildungsziele.

Wenn unsere Arbeit dazu beigetragen hat, dass unsere Studierenden wirklich möglichst viel können, wissen und erfahren haben, dann entlassen wir sie in eine Welt, in der die Bedingungen der Schule oft sehr hart sind. - Doch lassen wir uns nicht entmutigen!

Den schönen Gedanken von Hentig steht heute häufig eine ganz andere Wirklichkeit im Berufsleben gegenüber.

Als Endergebnis unserer Ausbildung ist ganz wichtig, dass die Studierenden ihr Können und Wissen pädagogisch und didaktisch weitergeben können. Sie brauchen viel Mut und eine positive Einstellung, die sie in das Berufsleben mitnehmen können. □

## Kombinatorische Chemie

# Herausforderung für Mathematik & Informatik

*In den letzten Jahren sind in der Chemie ganz neue Methoden der Massensynthese\* entwickelt worden, die mittlerweile ins Zentrum des Interesses und der Diskussion gerückt sind. Sie werden u.a. im pharmazeutischen Bereich und in den Materialwissenschaften angewendet und unter der Überschrift kombinatorische Chemie zusammengefaßt. Es geht dabei um die durch Roboter unterstützte und gesteuerte Erzeugung von Hunderten oder gar Tausenden chemischer Substanzen „auf einen Schlag“. Schon der Name kombinatorische*

Ralf Gugisch, Adalbert Kerber, Reinhard Laue, Markus Meringer, Christoph Rücker

*Chemie läßt Mathematiker und Informatiker aufhorchen. Er zeigt deutlich, dass begleitende mathematisch-kombinatorische Überlegungen im Vorfeld solcher Experimente von Nutzen sein sollten. Da es sich dabei um Massensynthese handelt, sieht der Informatiker sofort, dass bei Experimenten der kombinatorischen Chemie eine riesige Datenflut anfallen wird, die es zu strukturieren gilt.*

*Wir wollen deshalb hier unsere Erfahrungen schildern, die wir im Rahmen zweier Projekte gemacht haben, und wir werden einige der Probleme aufzeigen, die wir in diesem Zusammenhang lösen wollen. Es handelt sich dabei um ein DFG-Projekt zur Materialforschung (gemeinsam mit Prof. Ziegler, FAN) von Precursorkeramiken, und ein BMBF-Projekt (Federführung Fa. Henkel) zur Optimierung und Analyse solcher Verfahren.*

## 1. Kombinatorische Chemie

Die Entwicklung schneller technischer Screeningmethoden hat neuerdings die Möglichkeit eröffnet, in kurzer Zeit Tausende chemischer Substanzen beispielsweise auf ihre medizinisch-biologischen Eigenschaften zu testen und herauszufinden, ob sie für einen vorgegebenen medizinisch-biologischen (oder auch materialwissenschaftlichen) Zweck geeignet sind oder nicht. Man kann deshalb jetzt auch Produkte von Massensynthesen - die sich ja wesentlich durch ihre Vielfalt von den bisherigen Einzelsynthesen unterscheiden - schnell nach medizinisch wirksamen Substanzen durchsuchen. Entsprechende Automaten sind mittlerweile in großer Vielfalt erhältlich.

Interessant für Mathematiker und Informatiker an dieser Neuentwicklung ist natürlich vor allem die Tatsache, dass solche Anlagen *programmgesteuert* sind. Es ist eine Herausforderung sowohl für Mathematiker als auch für Informatiker, die dabei auftretenden Probleme zu behandeln und zu lösen. Es geht dabei neben der *Steuerung*

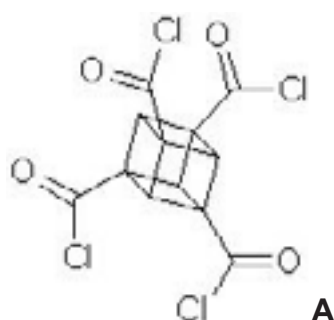
der Automaten vor allem um die Frage, wie man solche Experimente der kombinatorischen Chemie einerseits *im Vorhinein planen* und andererseits *im Nachhinein analysieren* kann. Im Vorhinein will man natürlich wissen, ob eine geplante Massensynthese überhaupt eine interessante Substanz liefern kann, und wie man dies auf möglichst sparsame Weise erreicht. Im Nachhinein ist das Ergebnis des Experiments auf eine geeignete Substanz hin zu durchsuchen. Die Geschichte der Entwicklung von Massensynthesen findet man beispielsweise in [1,2] von I. Ugi, einem Protagonisten der kombinatorischen Chemie.

Das Ziel einer kombinatorischen Synthese ist eine sogenannte *kombinatorische Bibliothek* von Molekülen, d.h. eine kontrolliert (und in der Regel automatisch) hergestellte Ansammlung chemischer Substanzen. *Kontrolliert* heißt dabei, dass man die Ausgangsprodukte und die möglichen Reaktionen genau kennt, so dass unter kontrollierten Bedingungen gezielt ganz bestimmte Verbindungen entstehen.

Hierfür gibt es selbstverständlich diverse Verfahren, Mehrschritt- und Einzelschrittmethoden usw. In jedem Fall geht man von mehreren *Grundbestandteilen* und *Reaktionen* zwischen diesen aus. Die Ergebnisse werden nach dem Experiment auf Substanzen durchsucht (in modernem Denglisch: *gescreent*), welche die gewünschten Eigenschaften haben.

## 2. Ein konkretes Beispiel

Betrachten wir einmal ein bekanntes Beispiel aus der Literatur, die Amidierung eines mehrfachen Säurechlorids, etwa des folgenden Cubanderivats A:



Man erkennt vier reaktive Stellen am Cuban, nämlich die vier Eckpunkte, an denen ein Sauerstoff- und ein Chloratom angezeigt sind. Hier können Amine, und damit auch Aminosäuren angreifen. Man kann sich leicht ein Experiment der kombinatorischen Chemie vorstellen, bei dem Moleküle A mit verschiedenen Aminosäuren in Kontakt gebracht werden, so dass Reaktionen stattfinden können. Nehmen wir einmal an, hierzu stehen 20 verschiedenen Aminosäuren zur Verfügung.

Schon ein erster Blick zeigt, dass hierbei wohl recht viele verschiedene Moleküle herauskommen können, die kombinatorische Bibliothek wird also recht groß werden. Frage an den Mathematiker und an den experimentierenden Chemiker: Wie groß kann sie maximal werden? Um diese Frage zu beantworten, muß man die *Symmetriegruppe* des Zentralmoleküls betrachten, die aus den zwölf eigentlichen Drehungen besteht, die das Molekül A in sich selbst überführen. Sie zeigt nämlich, mit Hilfe einer geeigneten mathematischen Formel, dass die  $20 \cdot 20 \cdot 20 \cdot 20 = 160.000$  verschiedenen Reaktionsverläufe zu genau 13.700 verschiedenen Molekülen führen. Das ist die Größe der maximal zu erwartenden kombinatorischen Bibliothek, nennen wir diese einmal die *virtuelle Bibliothek*. Die Bibliotheksgrößen bei 1, 2, 3, ..., 17, 18, 19 Aminosäuren sind entsprechend 1, 5, 15, ..., 7225, 9045, 11191

Ein Chemiker kann sich natürlich nicht mit der Größe der virtuellen Bibliothek begnügen. Er wird die Bibliothek selbst brauchen, d.h. zumindest die Strukturformeln der 13.700 Moleküle. Diese Aufgabe stellt eine weitere Herausforderung an Mathematik und Informatik dar, deren Lösung wir uns jetzt zuwenden werden.

## 3. Die Erzeugung der kombinatorischen Bibliothek

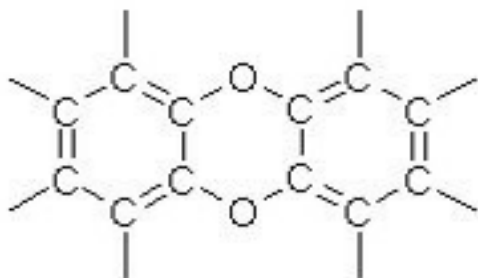
Hierzu verwenden wir ein Verfahren, das in allen Fällen, die in [3]

\* Unter Massensynthese verstehen wir hier die schnelle Synthese sehr vieler Substanzen.



angegeben sind, und in vielen weiteren Beispielen benutzt werden kann. Tatsächlich läßt es sich auch auf scheinbar ganz andere Probleme anwenden, beispielsweise auf die Konstruktion der 22 *Permutationsisomere* des Tetrachlordibenzo-dioxins, oder auf die Konstruktion fehlerkorrigierender Linearer Codes, kombinatorischer Designs, Spinkonfigurationen und zahlreicher anderer Strukturen aus der Mathematik und den Naturwissenschaften.

Man bedient sich dabei algebraisch-kombinatorischer Methoden, die in der Mathematik klassisch sind, und auf die beispielsweise E. Ruch und Mitarbeiter im Zusammenhang mit der Konstruktion von Permutationsisomeren hingewiesen haben. Die Situation ist hier ganz ähnlich der in der kombinatorischen Chemie bei der Konstruktion von Bibliotheken. Sehen wir uns zur Illustration einmal das *Skelett* des Dioxins an:

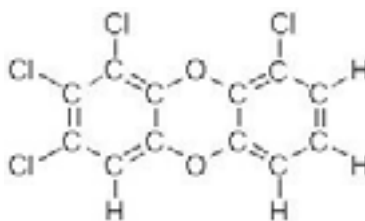


Man sieht hier 8 freie Plätze, auf die 4 Wasserstoff- und 4 Chloratome auf alle möglichen Weisen verteilt werden sollen. Auch hier ist die Symmetriegruppe dieses Skeletts zu berücksichtigen, Mathematiker bezeichnen sie mit  $V_4$  und nennen sie die Kleinsche Vierergruppe. Es gibt jetzt eine weitere Gruppe, die meist als  $S_8$  bezeichnet wird und diese 8 freien Plätze untereinander vertauscht. Darüber hinaus gibt es noch die Gruppe  $S_4 \oplus S_4$ , welche die 4 Chloratome untereinander und ebenso die Wasserstoffatome untereinander vertauscht. E. Ruch hat gezeigt, dass die Permutationsisomere des Dio-

xin umkehrbar eindeutig den  $(V_4, S_4 \oplus S_4)$  - Doppelnebenklassen in  $S_8$  zugeordnet werden können, die Menge dieser Isomere also der Menge von Doppelnebenklassen

$$V_4 \setminus S_8 / S_4 \oplus S_4$$

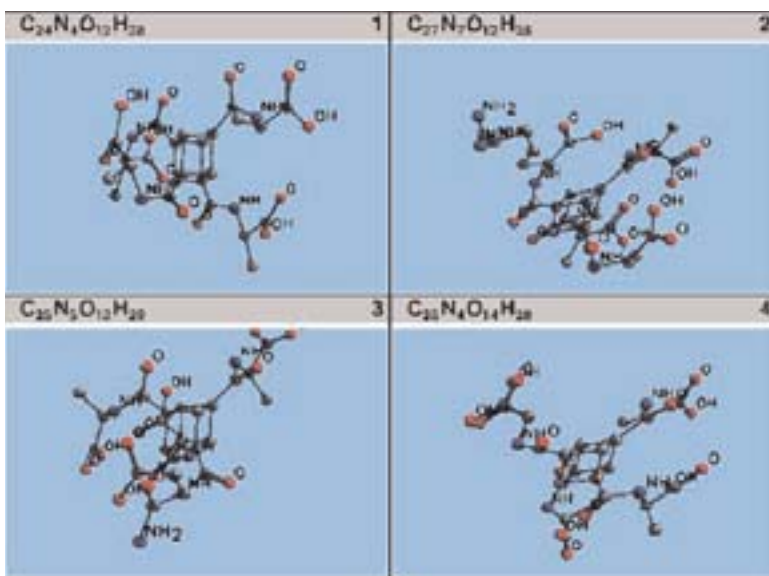
zugeordnet werden können. Man kann zeigen, dass diese Menge aus genau 22 Doppelnebenklassen besteht, und aus Repräsentanten von diesen kann man schließlich die Strukturformeln dieser 22 Moleküle gewinnen. Hier ist eine von diesen:



Zur Konstruktion von Doppelnebenklassen stehen uns verschiedene Algorithmen [4,5] zur Verfügung. Für diese und andere Fälle haben wir ein Softwarepaket [6] entwickelt, eine Anpassung von MOLGEN [7] an die Bedürfnisse der kombinatorischen Chemie, das kombinatorische Bibliotheken generieren kann. Es heißt

#### MOLGEN-COMB

Hier ist ein Ausschnitt der damit generierten kombinatorischen Bibliothek von Amiden des Cuban-derivats A:



#### 4. Optimierung kombinatorischer Experimente

Wir sind also in der Lage, für viele Experimente der kombinatorischen Chemie im Vorhinein die Strukturformeln der möglichen Resultate effizient und redundanzfrei zu ermitteln. Diese virtuelle Bibliothek besteht oft aus vielen Zehntausenden von Strukturformeln, und es ist klar, dass man auch aus Kostengründen nicht alle synthetisieren will, sondern nur solche, bei denen die Chance gut ist, dass sie die gewünschten Eigenschaften haben.

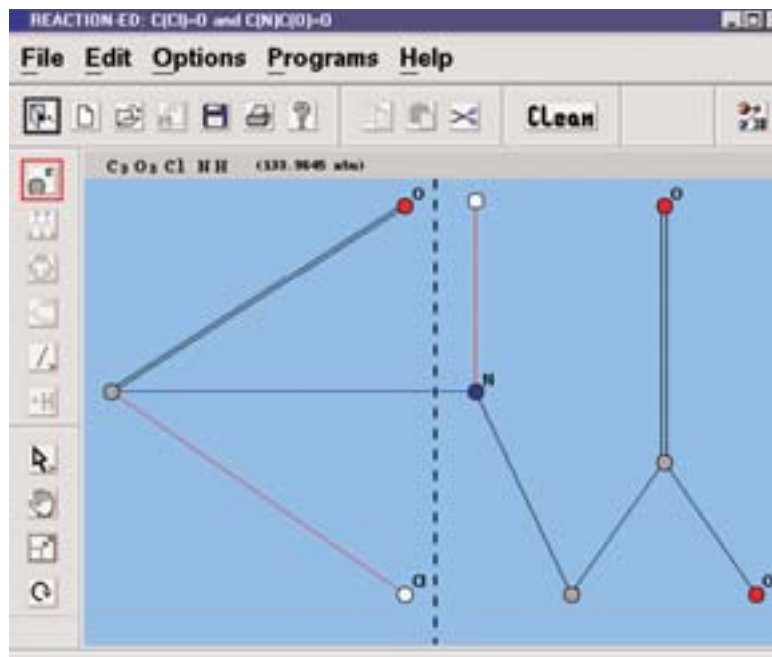
Man kann hierbei wie folgt vorgehen: Man vergleicht die virtuelle Bibliothek mit einer Teilmenge dieser Strukturformeln, für die man schon weiß, ob diese Moleküle für den gewünschten Zweck geeignet sind oder nicht. Nennen wir diese die *reale Bibliothek*. Die Anwendung anspruchsvoller Methoden aus der Stochastik erlaubt nun, mit Hilfe *molekularer Deskriptoren* und Methoden der *Regressionsanalyse* eine Prognose zu wagen, welche Moleküle aus der virtuellen Bibliothek vermutlich ebenfalls geeignet sein können. Hat man die richtigen Deskriptoren zur Hand (genauer: Computerprogramme, die deren Werte für die Moleküle aus der realen und aus der virtuellen Bibliothek berechnen können), dann hat man hier ei-

ne gute Chance, mit deutlich größerer Wahrscheinlichkeit als in einer beliebigen Stichprobe, „gute“ Moleküle zu finden. Auf diese Weise kann man Experimente der kombinatorischen Chemie planen und optimieren.

Aber auch hier treten sehr ernsthafte Probleme auf, die bisher noch nicht zufriedenstellend gelöst sind - vielleicht auch deshalb noch nicht, weil sie erst durch die kombinatorische Chemie ins Zentrum des Interesses rücken. Eines dieser Probleme ist die sogenannte *Nomenklaturfrage*. Sie ergibt sich, wenn man die Moleküle aus der realen Bibliothek in der virtuellen Bibliothek wiederfinden will. Das ist ganz und gar nicht einfach, denn diese Moleküle sind als Datenfiles gespeichert, die man vergleichen muß. Das erfordert die Umformung von Molekülbeschreibungen in standardisierte Files. Mathematiker und Informatiker kennen dieses Problem aus vielen anderen Situationen, sie nennen es das *Normalformenproblem*. Wir lösen es allgemein für den Fall diskreter Strukturen.

Die ersten Schritte sind dabei bereits gemacht, wir haben einen *Kanonisierer* implementiert, der zumindest auf der topologischen Ebene Molekülfiles auf Normalform bringen kann. Ein Kanonisierer auf der deutlich anspruchsvolleren *geometrischen Ebene* ist in Arbeit und wird in wenigen Wochen zur Verfügung stehen.

Bisher konnte man dieses Problem z.B. durch Ermittlung der sogenannten CAS-Nummer einer jeden Substanz lösen, oder durch Konstruktion von systematischen Namen. Beide Wege sind zumindest sehr kostspielig und führen oft überhaupt nicht zum Erfolg: CAS-Nummern gibt es nur für bereits synthetisierte Substanzen, nicht für Tausende *neuer* chemischer Substanzen. Systematische Namen lassen sich für viele Substanzklassen bisher noch nicht per Computer erzeugen.



Reaktionen werden mit Hilfe molekularer Substrukturen definiert, die in den Reaktionspartnern auftreten. Bindungen, die während der Reaktion neu entstehen sind blau, solche die gebrochen werden rot markiert.

Das Projekt ist einerseits natürlich für den Einsatz in der Materialforschung interessant. Andererseits liefert es für Mathematik und Informatik wertvolle richtungsweisende Anregungen. So wird etwa das Gewicht der Geschwindigkeit bei den Algorithmen reduziert durch die Anforderung, besonders flexibel Nebenbedingungen berücksichtigen zu können. Dies erfordert neue Strategien beim Algorithmenentwurf.

Für weitere einschlägige Literatur verweisen wir auf die Internetseite des Lehrstuhls Mathematik II.

#### Literatur:

- [1] I. Ugi, A. Dömling, B. Gruber, M. Heilingbrunner, C. Heiss, W. Hörl: *Formale Unterstützung bei Multikomponentenreaktionen - Automatisierung der Synthesechemie. Software-Entwicklung in der Chemie*, 9 (1995), 113-128.
- [2] A. Dömling, I. Ugi: *Multikomponentenreaktionen mit Isocyaniden*. *Angew. Chem.*, 112 (2000), 3300-3344.
- [3] T. Carell, E. A. Wintner, A. J. Sutherland, J. Rebek, Jr., Y. M. Dunayevskiy und P. Vouros: *New promise in combinatorial chemistry: synthesis, characterization, and screening of small molecule libraries in solution*. *Chem. & Biol.*, 2 (1995), 171-183.
- [4] T. Grüner: *Strategien zur Konstruktion diskreter Strukturen und ihre Anwendung auf molekulare Graphen*. *MATCH*, 39 (1999), 39-126.
- [5] B. Schmalz: *Verwendung von Untergruppenleitern zur Bestimmung von Doppelnebenklassen*. *Bayreuther Mathematische Schriften*, 31 (1990), 109-143.

[6] R. Gugisch, A. Kerber, R. Laue, M. Merzinger, J. Weidinger: *MOLGEN-COMB, a Software Package for Combinatorial Chemistry*. *MATCH*, 41 (2000), 189-203.

[7] R. Grund, A. Kerber, und R. Laue: *MOLGEN, ein Computeralgebra-System für die Konstruktion molekularer Graphen*. *MATCH*, 27 (1992), 87-131.

Über eine graphische Benutzerschnittstelle werden die Reaktanten und Reaktionen für die Generierung kombinatorischer Bibliotheken spezifiziert.

# Muslimischer Religionsunterricht - aber wie?

Werner H. Ritter

*Im Rahmen eines wissenschaftlichen Symposiums an der Universität Bayreuth zur „Einführung islamischen Religionsunterrichts in Deutschland“ äußerte sich der Bayreuther Religionspädagoge W. H. Ritter grundsätzlich zur Bedeutung des schulischen Religionsunterrichts.*

## Religionsunterricht an öffentlichen Schulen. Aber wie?

Beim Thema „Religionsunterricht an öffentlichen Schulen?“ geht es heute v. a. um die Klärung zweier Fragen. Zum einen will man wissen, wozu es denn das Fach Religionsunterricht überhaupt an Schulen geben soll. Zum anderen fragt man, warum es nicht *ein* entsprechendes schulisches Fach für *alle* Schülerinnen und Schüler gibt, sei es nun Philosophie- oder Ethikunterricht, Religionskunde oder ein Fach „Werte und Normen“.

Dabei soll im Folgenden dargelegt werden, was der Sinn von Religionsunterricht generell, von islamischem Religionsunterricht für muslimische Kinder speziell sein könnte.

### 1. Warum überhaupt Religionsunterricht an öffentlichen Schulen?

Der Religionsunterricht dient der Wahrnehmung und Ausübung der grundgesetzlich garantierten positiven Religionsfreiheit. Das grund-

gesetzlich garantierte Fach Religionsunterricht (GG Art. 7, 3) stellt nicht - wie häufig missverstanden - ein Recht der Kirchen dar, sondern dient der Wahrnehmung der Religionsfreiheit der Bürger. Religionsunterricht ist mit anderen Worten als staatliche Hilfe zur Grundrechtsverwirklichung geschaffen worden. Der Staat sichert ausdrücklich die Respektierung und Berücksichtigung der religiösen Besonderheiten zu. Die Verfassungsväter beschlossen aufgrund der Erfahrungen mit dem Dritten Reich, dass Glauben und Gewissen zu achten sind (GG Art. 4) und Religionsunterricht in deutschen Schulen sein soll (GG Art. 7, 3), weil in Schulen auch Herz und Charakter gebildet und nicht nur Leistungs- und Verfügungswissen, sondern auch „Orientierungswissen“ (Jürgen Mittelstraß) gefördert werden sollen. Dementsprechend haben Kinder an öffentlichen Schulen Anspruch auf Religion und religiöse Erziehung. Zu einer „Kultur des Aufwachsens“ soll Religion bzw. religiöse Erziehung im Sinne der Wahrnehmung positiver Religionsfreiheit unabdingbar dazugehören. Der zehnte Kinder- und Jugendbericht der Bundesregierung von 1998 hebt in diesem Sinne den objektiven Bedarf sinnorientierender Angebote in der Schule einer pluralen Gesellschaft ausdrücklich hervor.

Was ist Sinn, Absicht und Aufgabe des Religionsunterrichts in der Schule? Es gibt in christlichen Familien, ähnlich in muslimischen, eine Art Familienreligiosität, die sehr privat und unbedacht ist, die nicht notwendig die Kirchen oder muslimische Einrichtungen braucht und sich doch „irgendwie“ und von Zeit zu Zeit von ihrer religiösen Tradition speist. Darum steht Religionsunterricht an Schulen unter erhöhter Verantwortung, denn er will Religion nicht nur privat, unbedacht und unreflektiert lassen, sondern sie im Licht der Öffentlichkeit erkunden, vorstellen, probieren und auch kritisch anschauen lassen. Religion ist nicht nur etwas Privates, sondern immer auch etwas Öffentliches und kulturell Bedeutsames, das der Reflexion bedarf. Daraus folgt, dass Religion ein eigenes Fachprofil in der Schule braucht und besser nicht in Anteilen anderen Fächern (z. B. Deutsch, Geschichte, Heimat- und Sachunterricht, Musik, Sozialkunde etc.) zugeschlagen wird. Nicht nur bei Schülern und Schülerinnen nämlich, sondern auch bei Eltern, Lehrkräften und gesamtgesellschaftlich bleibt Religion ohne klare Fachorganisation in der Stundentafel der Schule ohne klare Konturen.

**Welchen bildenden Ansprüchen muss Religionsunterricht dabei heute genügen?**



Was heute unter Bildung verstanden wird, ist komplex und vielschichtig, auch umstritten. Vereinfacht kann man unter Bildung mit H. v. Hentig verstehen „Die Menschen stärken, die Sachen klären.“ Dementsprechend ist uns an Bildung dreierlei wichtig: a) Sie wird *kritisch* verstanden und zielt auf die Freiheit und Eigenständigkeit des *Subjekts*; b) sie wird praktisch, lebensbezogen und nicht weltabgehoben gedacht; c) sie hat mit Sinn und unseren Sinnen (Ästhetik) zu tun. - Wie Schule insgesamt der nachwachsenden Generation in einer sinnorientierten und wertgebundenen Weise Wirklichkeit erschließen will, so dient jedes Unterrichtsfach, also auch der Religionsunterricht, der Aufgabe der *Orientierung* in einem Lebensbereich. Religionsunterricht ist demzufolge heute schulisch-bildungstheoretisch und religiös zu begründen. Dabei wird im Raum der öffentlichen Schule nach dem *Bildungsgehalt* (Wolfgang Klafki) von *Bildungsinhalten* gefragt, also danach welche Gegenwarts- und Zukunftsbedeutung bestimmte Bildungsinhalte für Schüler und Schülerinnen haben. Religionsunterricht als Bildungsfach an öffentlichen Schulen intendiert also nicht Anpassung an vorgegebene religiös-kirchliche Erwartungen, Sollgehalte, Lehrsätze und Normen, sondern steht für einen eigenständigen gebildeten, sensibilisierenden und reflektierenden Umgang mit Religion im Interesse der Entfaltung der Person. Schüler und Schülerinnen sind, bildungstheoretisch gesprochen, Subjekte und nicht bloß zu belehrende Objekte. Das heißt Religionsunterricht vollzieht sich *ohne Glaubenszwang* und Glaubensnötigung; er ist nicht Indoktrination und Schulung, er kann auch nicht Glauben anerziehen bzw. andemonstrieren, sondern wie die anderen schulischen Fächer auch seinen „Gegenstand“ nur vorstellen, zeigen, probieren lassen. Das verlangt *freie Einsicht und freie Zu-*

*stimmung*. Religionsunterricht soll die *individuelle wie soziale Bedeutsamkeit der Religion* entdecken, probieren, erörtern, sie aber auch kritisch befragen. So geht es um ein *Erschließen* der Religion in der gegenwärtigen Welt für Schüler und Schülerinnen, ein Hin- und Einführen, ein (erstes) Bekannt- und (vielleicht) anfanghaftes Vertrautwerden, ein (erstes) Entdecken und Diskutieren ihrer Bedeutsamkeit für Lebenswelt und Wirklichkeit.

Im Unterricht können und sollen auch Wahrheit und Verlässlichkeit der eigenen Religion zur Sprache kommen, diskursiv untersucht und kritisch erörtert werden, dies freilich in Achtung anderer religiöser Traditionen und Respekt vor ihnen. Zu fördern sind dabei v. a. Wahrnehmungsfähigkeit, Kommunikationsfähigkeit, Dialogfähigkeit und Kritikfähigkeit. Als Vorzug schulischen Religionsunterrichts wird empfunden, dass mit ihm die

tung nicht zu unterschätzen!

### Redelegation des Religionsunterrichts an die Religionsgemeinschaften?

Ein Religionsunterricht im Raum der Kirchen oder muslimischer Vereine im Sinne einer Redelegation ist durchaus vorstellbar. Religiöse Unterweisung muss nicht notwendig in der öffentlichen Schule stattfinden. Von ihrem Missions- und Verkündigungsauftrag her wäre es etwa für die christlichen Kirchen in Ordnung und auch ausreichend, wenn sie diesem Auftrag im binnenkirchlichen Raum in Form kirchengemeindlicher religiöser Unterweisung nachkämen. Gleiches gilt für islamische Unterweisung. Sollte dies eines Tages auf Grund gesellschaftlicher, gesellschaftspolitischer und grundgesetzlicher Veränderungen der Fall sein, könnte die Kirche ihrer Bildungsverantwortung auch so nachkommen. Gleiches gilt für den Is-

#### Artikel 4

**(1) Die Freiheit des Glaubens, des Gewissens und die Freiheit des religiösen und weltanschaulichen Bekenntnisses sind unverletzlich.**

**(2) Die ungestörte Religionsausübung wird gewährleistet.**

**(3) Niemand darf gegen sein Gewissen zum Kriegsdienst mit der Waffe gezwungen werden. Das Nähere regelt ein Bundesgesetz.**

**Zu Abs. 1 und 2 siehe Art. 107 Abs. 1 und 2 BV. Zum Verhältnis Staat - Kirche siehe Art. 140 GG. Zu Abs. 3 siehe Anmerkung zu Art. 128.**

(christliche) Religion „*öffentlich*“ bleibt, also keine „Verschlussache“, Geheimsache oder fromme Zirkelsache wird. Wir haben ansonsten in der Bundesrepublik keine vergleichbare Instanz oder Institution mehr, in der Religion über so viele Jahre im menschlichen Leben (9-13 Schuljahre) und damit in der Gesellschaft publik und präsent wäre. Als Ort „öffentlicher Sinnreflexion“ aber - also nicht reduziert auf Ecken und Nischen bzw. subkulturelle Milieus unserer Gesellschaft - ist Religionsunterricht in seiner anthropologisch-individuellen wie gesellschaftlichen Bedeu-

lam bzw. islamische Vereine. Christliche Kirchen sind dankbar, dass sie auf Grund von GG Art. 7,3 in Verbindung mit Art. 4 mit dem Religionsunterricht in der Öffentlichkeit der Schule sein und wirken können. Wenn nun Religion eine potentielle und essentielle Dimension menschlichen Lebens ist und der Religionsunterricht - gleich welcher Religion - der Bildung und damit der Entfaltung und „Stärkung“ der Menschen zu dienen hat, dann macht es bis auf weiteres guten Sinn, dass und wenn der Staat die Rahmenbedingungen für dieses Fach bereitstellt. Dies entspricht



auch der derzeit herrschenden juristischen Lehre: „Die Verfassungsgarantie des Religionsunterrichts schließt auch die Vorsorge für geeignete Ausbildungsstätten ein, an denen Bewerber die Befähigung zur Erteilung des Religionsunterrichts erwerben können.“ (Axel von Campenhausen, 1996).

So sehr Kirche und Islam ihrem Verkündigungsauftrag auch in binnengemeindlicher Unterweisung nachkommen könnten, ist doch auf die potentielle *Gefährdung* hinzuweisen, der eine solche religiöse Unterweisung erliegen kann, nämlich dass sie geschlossene und sich abschottende religiöse Mentalitäten fördert und ihnen Vorschub leistet. Damit aber würde primär einer bestimmten institutionalisierten und isolierten Religionsgestalt zugearbeitet, aber nicht mehr der freien religiösen Bildung von Schülerinnen und Schülern. Die ungefilterte breite Masse der Schülerschaft - religiös indifferent, suchend, zweifelnd, fragend, widerborstig, etc. - käme hier nicht mehr vor; ihr muss aber der schulisch-öffentliche Religionsunter-

richt standhalten können. Religiös geschlossene Gesellschaften und Unterweisungen dagegen sind anfällig für Irrationalität und damit unberechenbar, im Christentum genauso wie im Islam. Entsprechend wirkt religiöse Unterweisung, die sich nicht im Licht der Öffentlichkeit und ihrer Bildungsinstitutionen vollzieht, kurz- und langfristig in der Regel desintegrierend, exkommunikativ und diskriminierend, während es dem Staat von seinem Bildungsauftrag her gleichermaßen wie Schulen und Religionen um Kommunikation und Verständigung gehen muss. Die integrationspolitische Relevanz eines öffentlichen Religionsunterrichts ist zwar nicht zu überschätzen, aber auch nicht zu vernachlässigen. Demgegenüber wirkt der sog. muttersprachliche Ergänzungsunterricht, in dem häufig die religiöse Unterweisung muslimischer Kinder durchgeführt wird, eher desintegrativ und gettoisierend. Angesichts der vielbeschworenen Islam-Angst, die vorgeblich in Deutschland herrscht, wäre die Einrichtung eines schulischen Faches muslimi-

scher Religionsunterricht ein respektabler Versuch, mit dieser Angst ritualisiert, geregelt und gebildet, auf jeden Fall konstruktiv umzugehen. Im übrigen könnte die Etablierung eines solchen Faches - dies wäre ein Nebeneffekt - dem christlichen Religionsunterricht zur, wenn auch unfreiwilligen, Profilierung verhelfen.

## 2. Warum nicht ein Fach - Ethikunterricht oder Religionskunde - für alle Schüler?

In der Debatte wird immer wieder ein Vorschlag erörtert, der besagt, dass an die Stelle diverser Religionsunterrichtsfächer (evangelisch, katholisch, griechisch-orthodox, mosaisch etc.) *ein* schulisches Fach treten sollte, das alle Schülerinnen und Schüler zu besuchen hätten. Dies bedeutete eine schulorganisatorische Erleichterung; zudem brächte solch eine Lösung den pädagogischen Vorteil mit sich, dass hier in einer Lerngruppe alle *miteinander* reden könnten, und nicht wie in getrennten Religionsgruppen *übereinander* reden müssten.

Bei aller Berechtigung solcher Argumentation ist zweierlei kritisch einzuwenden:

Ethikunterricht ist kein Ersatz für Religionsunterricht. Der Mensch kann sich nicht nur als Handelnder und Sich-Verhaltender verstehen. Im Unterschied zum Tier kennt der Mensch seine „Formel“ nicht. Vielmehr verlangt er als ein Sinnnehmendes Wesen zu seiner Orientierung in der Welt nach Lebens-Deutung, Welt-Anschauung und Religion: Wo kommt der Mensch her, wohin geht er, was darf er hoffen? Hierfür ist ein Sinn- und Orientierungsfach auch im staatlichen Interesse konstitutiv, da nur aus einer solide begründeten Orientierung verantwortliche Wertmaßstäbe fließen. Darüber hinaus erweist sich die Konstituierung und Etablierung eines *Einheitsfaches* „Religions-Unterricht“ bzw. Religions-Kunde, je länger desto mehr, als schwierig. Offen sind zunächst Verfahrensfragen: Wir haben diesbezüglich zu wenig oder eigentlich keine funktionierenden Modelle, auf die wir zurückgreifen können. Die Diskussion eines Einheitsmodells von Religionsunterricht, in dem alle Religionen gleichzeitig vertreten sind, bringt eminente Schwierigkeiten mit sich: Wie soll ein derartiger Religionsunterricht vonstatten gehen? Wie sollen Lehrpläne und Religionsunterrichtsbücher dafür aussehen? Wer macht und verantwortet sie? Wie ist die staatliche Ausbildung (Universitätsstudium) dafür gestaltet? Wer soll sie auf Grund welcher Profession und Kompetenzen leisten? Vor allem aber: Wie steht es in einem solchen staatlich verordneten Fach Religion mit der grundgesetzlich garantierten *Glaubens- und Gewissensfreiheit der TeilnehmerInnen*? Muss z.B. ein gläubiger Muslim, eine gläubige Christin an einem solchen allgemeinen Religionsunterricht teilnehmen? Wie stünde es dann um die sog. negative Religionsfreiheit? Politisch und rechtlich bedenklich dabei wäre, dass der

Staat über die Inhalte des Faches exklusiv bestimmen müsste! Das aber ist in Angelegenheiten des Gewissens und der Meinungsfreiheit (GG Art. 4) höchst problematisch, wie die Geschichte wiederholt gezeigt hat, und soll nach un-

ja verstanden als ein sachkundiges und möglichst neutrales Informieren über möglichst vieles. In der Bildungsdiskussion wird demgegenüber immer wieder zu recht auf ein anderes Bildungsverständnis abgehoben, das gerade aus Grün-

### Artikel 7

- (1) Das gesamte Schulwesen steht unter der Aufsicht des Staates.**
- (2) Die Erziehungsberechtigten haben das Recht, über die Teilnahme des Kindes am Religionsunterricht zu bestimmen.**
- (3) Der Religionsunterricht ist in den öffentlichen Schulen mit Ausnahme der bekenntnisfreien Schulen ordentliches Lehrfach. Unbeschadet des staatlichen Aufsichtsrechtes wird der Religionsunterricht in Übereinstimmung mit den Grundsätzen der Religionsgemeinschaften erteilt. Kein Lehrer darf gegen seinen Willen verpflichtet werden, Religionsunterricht zu erteilen.**

serem Grundgesetz nicht sein.

Zwei weitere Probleme eines solchen schulischen Einheitsfaches wären: Diesem Religions-Unterricht entspricht *kein lebensweltlicher Sachverhalt Religion*; er wäre mit anderen Worten ein künstliches Konstrukt mit einer generierten Schulreligion, dem keine Lebenswirklichkeit korrespondiert. Im übrigen ist es bei dem Erlernen von Religion wie bei dem Erlernen von Sprache: Jeder Mensch lernt zunächst seine *Muttersprache*. Man kann seine Muttersprache wechseln, man kann eine Fremdsprache lernen, aber nur, wenn man bereits eine Muttersprache gelernt hat. Der Religionsunterricht muss sein wie muttersprachlicher Unterricht in einer der Religionen bzw. der Weltanschauungen unseres Kulturkreises (Richard Schröder). - Ferner würde einem neuen Einheitsfach Religion eine integrative Leistung abverlangt, welche nicht einmal die einschlägigen Fachwissenschaften (Ev. und Kath. Theologie, Religionswissenschaften, etc.) beim Stand der Dinge zu leisten vermögen.

Zu problematisieren ist schließlich das *Bildungsverständnis*, das solch einem Einheits-Religionsunterricht zugrunde läge. Bildung wäre hier

den der Entfaltung der Person an der Vermittlung von positionellen und authentischen Positionen interessiert ist, das Gespräch mit „den anderen“ also gerade sucht und braucht. Meines Erachtens geht es in Hochschule und Schule um authentische Positionen, die nicht distanziert und teilnahmslos vorgebracht werden können, sondern Engagement und Persönlichkeit erfordern. Zukunft hat darum nur ein glaubwürdiger, „positioneller“, authentischer Religionsunterricht, der sich freilich gerade nicht absolut setzen darf, sondern das Gespräch mit anderen suchen muss.

Hier kann es meines Erachtens eher und adäquater zu einem religiösen Lernen qua Perspektiven-Übernahme bzw. Perspektiven-Anverwandlung kommen. Wie sollte auch eine religiös neutrale oder gar dezidiert a-religiöse Religionslehrkraft einen authentischen Religionsunterricht erteilen, der gelebten religiösen Überzeugungen gerecht wird? Könnte etwa ein völlig un-musikalischer Musiklehrer oder eine völlig amusische Kunstlehrerin ihr Fach überzeugungskräftig unterrichten? Nur in einer Position beziehenden Religionsunterricht können sich SchülerInnen abarbeiten und ihre religiösen Auffassun-



# Wenn einer eine Reise tut, dann kann er was erle

Natascha Stöber, Barbara Christoph und Andreea Badea

*Unter diesem Motto stand die diesjährige Exkursion des Lehrstuhls für Mittelalterliche Geschichte und Historische Hilfswissenschaften. Unter der Leitung von Frau Professor Dr. Amalie Föbel besuchten wir vom 28. Mai bis 1. Juni 2001 die sächsischen Zentren der ottonischen Herrscher.*

**A**m Morgen des 28. Mai 2001 begaben sich 16 Studenten sowie vier Professoren und Gäste erwartungsvoll nach Mitteldeutschland.

Erstes Ziel unserer Reise war Naumburg mit seinem bedeutenden Dom.

Der Dom Peter und Paul in Naumburg erhielt seine heutige Gestalt im 13. Jahrhundert. Im Westchor dieses spätromanisch - gotischen Baus befinden sich zwölf Stifterfiguren, sowie ein Lettner, verziert mit Szenen der Passionsgeschichte von der Hand des sogenannten Naumburger Meisters. Nicht nur die Plastizität dieser Arbeiten ist besonders auffallend, sondern das Auge des Betrachters wird auch von einer Vielzahl minuziöser Zierarbeiten immer wieder überrascht, sei es der Treppenaufgang oder die fein ziselierten Kapitelle des Lettners.

Im Anschluss daran wurde Querfurt besucht. Die größte Burg Deutschlands präsentiert dem Betrachter als erstes ihren „Dicken Heinrich“, einen romanischen Bergfried von imposanter Größe. Bevor wir uns der Erforschung der Burg zuwandten, besuchten wir die

Burgkirche, im Zentrum des Burghofes. Sie wurde im frühen 12. Jahrhundert im Gedenken an dem Heiligen Brun von Querfurt errichtet.

Nicht weit davon entfernt befindet sich die ehemalige Königspfalz Memleben. Das Herzstück der mit viel Liebe gepflegten Ruinen von Memleben ist die, unter dem Chor liegende dreischiffige Pfeilerkrypta. Sie dürfte zwischen 1210 und 1220 errichtet worden sein und wird heute jedem Besucher stolz als intaktes, vor Luftfeuchtigkeit vollkommen geschütztes Denkmal mittelalterlicher Baukunst präsentiert.

Am Abend gelangten wir zum Kloster Drübeck, unserem Quartier für die Zeit der Exkursion. Neben der Klosterruine St. Veit aus ottonischer Zeit entstand in den letzten Jahren eine moderne kirchliche Begegnungsstätte, die sehr komfortable Zimmer und Verpflegung bietet.

Doch weder die Freundlichkeit unserer Gastgeber noch unsere sehr schönen Zimmer konnten uns davon abhalten jeden Morgen um 8 Uhr in den Bus zu steigen, um einen weiteren aufregenden Tag in Gesellschaft der Ottonen zu erleben.

Nach einem ereignisreichen und hervorragend organisierten Tagesablauf, freuten wir uns doch jedes Mal auf den lang ersehnten Feierabend, die ideale Gelegenheit zusammen zu sitzen und uns den Tag noch einmal ins Gedächtnis zu rufen. Ein Anlass uns weiter in den

historischen Fachjargon einführen zu lassen, aber auch unseren Professoren den Zugang zur Welt des Heavy Metal, Punk und Funk zu eröffnen.

Zu den weiteren Zielen unserer Exkursion zählte die Stiftskirche St. Cyriakus in Gernrode. Sie gilt als das einzige, heute noch erhaltene frühottonische Bauwerk in Sachsen - Anhalt. Der

älteste Teil ist

die Ostkrypta, man datiert sie auf das Jahr

961. Eine Besonderheit

dieser Kirche

ist das Heilige

Grab in den beiden

östlichen Jochen

des Südschiffes.

Nicht weit davon

entfernt befindet sich

das Stift Frose. Es wurde

959 vom Grün-



# ben ...

der des Gernroder Stiftes, dem Markgrafen Gero, ins Leben gerufen. Die heute erhaltene Stiftskirche wurde im Jahre 1170 erbaut. Besonders erwähnenswert ist der sich in dieser romanischen Kirche befindende barocke Altar. Ein Höhepunkt der Reise bildete der Besuch der Stadt Quedlinburg, die zum Weltkulturerbe der UNESCO zählt.

Inmitten von 1600 Fachwerkhäusern erhebt sich auf dem Schlossberg die Stiftskirche St. Servatius zu Quedlinburg. Sie wurde zwischen 1070 und 1129 erbaut. Sie beherbergt einen äußerst wertvollen Kirchenschatz, zu dem unter anderem das Quedlinburger Evangeliar gehört.

Der dritte Tag begann mit dem Besuch des Benediktinerklosters in Ilsenburg. Leider lassen sich in Folge der unzähligen Umbauten der letzten Jahrhunderte nur noch die Grundzüge der ottonischen Kirchenbauweise erkennen.

Ganz anders bot sich das Bild der Kirche St. Pancratius des Augustinerchorherren - Stiftes Hamersleben dar.

Dieser zu den

edelsten hochromanischen Bauten im mittleren Deutschland gehörende Bau wurde uns vom dortigen Pfarrer höchstpersönlich vorgestellt.

Nachdem wir die so lebendig wirkenden Fresken der Kirche St. Cyriakus in Klostergröningen bewundern konnten, zogen wir weiter zum Kloster Huysburg.

Schon von weitem erblickt man Halberstadt. Doch die mittelalterliche Silhouette der Stadt täuscht, denn 82% der historischen Altstadt wurden durch Luftangriffe während des zweiten Weltkrieges zerstört. Bereits 1956 jedoch waren Dom und Liebfrauenkirche wiederaufgebaut.

Im gotischen Dom St. Stephanus und St. Sixtus befindet sich einer der größten Domschätze Europas mit einer Textilsammlung von Weltrang, darunter auch der Abraham - Engel - Teppich, der als der älteste gewirkte Teppich der Welt gilt.

Den vorletzten Tag unserer Exkursion verbrachten wir in Magdeburg, der Gründung Kaiser Ottos I. Im eindrucksvollen Dom befindet sich seine Grablege.

Von Professor Dr. Peter Segl geführt, besuchten wir die Stadt, den Magdeburger Reiter, sowie die romanische Klosteranlage „Unser Lieben Frauen“, das älteste noch erhaltene Gebäude der Stadt Magdeburg.

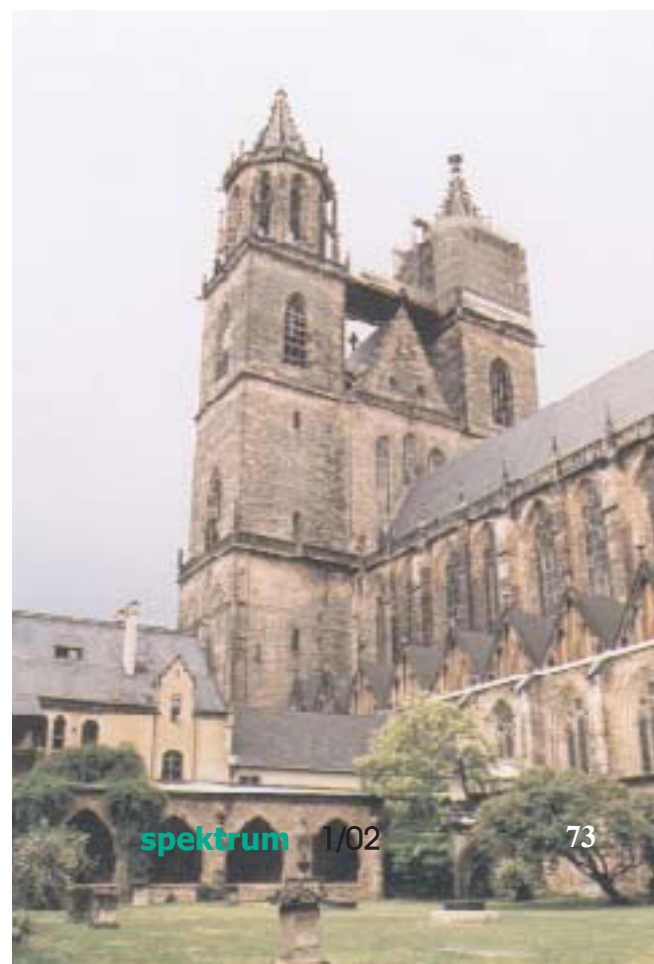
Erschöpft und glücklich nach diesem ereignisreichen Tag, erreichten wir wieder Drübeck und wurden an diesem Abend von Professor Segl zu einer Kostprobe des berühmten Unstrut - Weines eingeladen.

Letzter Punkt unseres Itinerars war Merseburg und sein Dom. Hier wurden uns die Merseburger Zaubersprüche, zwei althochdeutsche Zauberformeln aus germanisch - heidnischer Zeit, vorgestellt. Leider konnten wir sie nicht mehr anwenden, da der eine Zauberspruch zur Befreiung von Gefangenen, der andere zur Heilung der Fußverren-

kung eines Pferdes diene.

Reich an Eindrücken und Erlebnissen erreichten wir Bayreuth am Abend und trennten uns schweren Herzens, in Erinnerungen an diese Woche schwebend.

An dieser Stelle bedanken wir uns im Namen aller Teilnehmer für die hervorragende Durchführung und Organisation unserer Exkursion bei Frau Professor Dr. Amalie Föbel, sowie für die interessanten und aufschlussreichen Ausführungen der Herren Professoren Segl, Wolf und Weiß. □



# Remanufacturing:



Abb. 1: „Aus alt mach' neu": Industrielle Austauschteilefertigung

## Vielfachnutzen durch Mehrfachnutzung

Rolf Steinhilper



Prof. Dr. Rolf Steinhilper, Lehrstuhl für Umweltgerechte Produktionstechnik (FAN)

Die Weltgemeinschaft hat sich auf internationalen Umweltgipfelkonferenzen auf ein Fernziel „Nachhaltiges Wirtschaften“ („Sustainable Development“) verpflichtet. Eines der Etappenziele auf dem Kurs dorthin ist die Weiterentwicklung unseres Wirtschaftskreislaufs zur Kreislaufwirtschaft. Damit diese funktioniert, braucht es Wertschöpfung statt Werteverzehr, Aufwertung statt Abwertung, Upcycling statt Downcycling in den Recyclingprozessen. Zum Glück mehren sich die innovativen Beispiele, dass dies in der industriellen Praxis gelingt.

Vor meiner Berufung auf den Lehrstuhl Umweltgerechte Produktionstechnik in der Fakultät für Angewandte Naturwissenschaften (FAN) der Universität Bayreuth habe ich gut 20 Jahre berufliche Erfahrung als Abteilungsleiter beim Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA) in Stuttgart, als Leiter des Fraunhofer-Demonstrationszentrums „Produktkreisläufe“, zahlreicher Arbeitsgruppen und des EXPO-Büros der deutschen Wissenschaft (1998 - 2000) sammeln können. Dabei hatte ich Gelegen-

heit, im Austausch mit vielen interessanten Menschen aus Wirtschaft und Wissenschaft die Herausforderungen, die sich im Bereich der ökologisch und ökonomisch erfolgreichen Produktionstechnik stellen, kennenzulernen und aktiv an Lösungen mitzuarbeiten.

Auch im Zuge meiner regelmäßigen Arbeit im Ausland u.a. in Japan, USA, Kanada, China, Taiwan, Malaysia und Australien hat sich in den dort bearbeiteten Projekten gezeigt, dass wir weltweit gemeinsam an neuen Ansätzen und Wegen arbeiten müssen, um die industrielle Produktion vom derzeitigen Werteverzehr zu einer Wertverarbeitung, einer Wertveränderung und einer Wertschöpfung zu führen. Es muß uns im Hinblick auf die begrenzten Ressourcen der Erde gelingen, vom Verbrauch zum Gebrauch, vom Einfachnutzen zum Mehrfachnutzen, vom Downcycling zum Upcycling zu gelangen.

Bereits 1987 habe ich daher in meiner Dissertation mit dem Thema „Produktrecycling im Maschinenbau“, an der Weiterentwicklung industrieller Verfahren zur Wiederverwendung einzelner Bauteile bis hin zu komplexen Baugruppen wie z.B. Lichtmaschinen oder Motoren gearbeitet. (Abb. 1) Es zeigt sich, dass Produkte, die recycelt, also demontiert, gereinigt, geprüft und wieder montiert worden sind, nicht nur weniger Prozessenergie benötigen als Neuteile (Abb.2), sondern dass sie zudem billiger und qualitativ mindestens gleichwertig sind. Mindestens gleichwertig deshalb, da aufgearbeitete Teile zu 100 % geprüft werden, während Neuteile nur einer Stichprobenprüfung unterzogen werden und da die aufgearbeiteten Teile in ihrem ersten Leben bereits ihre Zuverlässigkeit bewiesen haben.

Produktrecycling oder englisch sogar noch treffender 'Remanufacturing' ist also mehr als nur industriell organisiertes „Aus alt mach neu“. Es ist vielmehr ein Schlüsselprozess für die erfolgreiche Pro-



duktverantwortung, der aus dem „Von der Wiege zur Bahre“ ein „Von der Wiege zur Wiege“ macht. Trotz des relativ arbeitsintensiven Prozesses, der im Moment zum Großteil per Hand durchgeführt wird, bleiben die Kosten für ein produktrecyceltes Austauschteil unter denen für ein Neuteil, da sowohl die Materialkosten für das Neuteil wegfallen, als auch die Entsorgungskosten für das Altteil. Hinzu kommt die Ersparnis von Lagerkosten bzw. Kosten die bei der Aufrechterhaltung oder Einrichtung einer Produktionslinie für neue Ersatzteile anfallen.

Auch werden nicht zuletzt durch Produktrecycling Arbeitsplätze gesichert, da der Automatisierungsgrad aufgrund der hohen Produktdiversität zumindest im Moment deutlich geringer ist als bei der Neuproduktion.

Der Lehrstuhl Umweltgerechte Produktionstechnik als Teil der Fakultät für Angewandte Naturwissenschaft beschäftigt sich neben dem großen Schwerpunkt Produktrecycling auch mit weiteren aktuellen Themen an der Schnittstelle von Wissenschaft und Industrie wie z.B. dem „Innovations- und Technologiemanagement“, der „Fabrikplanung“, dem „Service Engineering“ und „Ökologischen Produkten und Produktionstechnik“. Diese Themen verfolgen wir in Forschung und Lehre:

- in der Forschung in Zusammenarbeit mit führenden Vertretern der Industrie und mit international renommierten Forschungsinstituten und Universitäten wie z.B. den Instituten der Fraunhofer Gesellschaft, der Ajou University Korea, mehreren Universitäten in den USA, der University of Pretoria, wirtschaftlichen Arbeitskreisen und Verbänden wie dem Automotive Parts Rebuilders Association (APRA)
- in der Lehre durch intensive Betreuung der Studenten der Studiengänge Materialwissenschaften und Umwelt- und Bioingenieur-

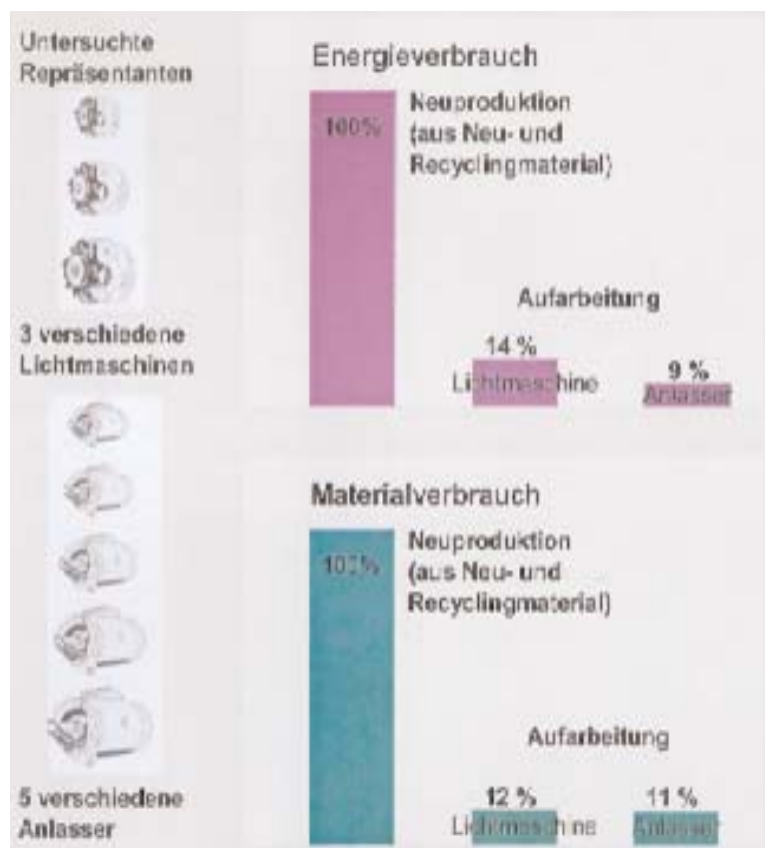


Abb. 2: Betrachtet man die Energie- und Materialverbräuche je Produkt, ist das Produktrecycling der Neuproduktion weltweit voraus.

wissenschaften an der FAN

Die Lehre beschränkt sich dabei nicht nur auf das Format der Vorlesung, sondern in Seminaren und Praktika wird den Studenten z.B. die Möglichkeit gegeben, in Rollen- und Planspielen selbst in die Position eines Geschäftsführers oder Controllers eines Produktrecyclingbetriebes hineinzuschlüpfen. Ergänzt wird unser Lehrangebot auch regelmäßig von hochkarätigen Gastdozenten bzw. Lehrbeauftragten aus der Industrie und nicht zuletzt durch das Angebot und die Betreuung von Projektarbeiten durch engagierte und qualifizierte Mitarbeiter des Lehrstuhls.

Unsere Attraktivität für Industrie- und Forschungspartner werden wir durch das Einrichten einer datenbankgestützten Planungsarchitektur für Fabriken mit 2D/3D-Echtzeit-Simulation Mitte 2002, eines Produkt-Demontage und Diagnose-Technikums Ende 2002, sowie eines Produkt-Modernisierungs-

Technikums im Jahr 2003 weiter ausbauen.

Natürlich kommen diese Einrichtungen auch wieder unseren Studenten zugute, die sich so gezielt auf spätere Aufgaben in ihrem Berufsleben vorbereiten können. Unser Interesse ist nämlich nicht nur, neue Erkenntnisse aus Forschung und Entwicklung möglichst wirksam und schnell mit unseren Industriepartnern umzusetzen, sondern ganz besonders auch den Studenten zu ermöglichen, ganz nah am Puls der Zeit in den Ingenieurwissenschaften zu bleiben, denn schließlich sind sie es, die in wenigen Jahren die Innovationsträger der Wirtschaft sein werden und die nicht zuletzt den Namen unserer Universität in die Welt tragen. □

Jetzt weltweit auf dem Markt: Das neue Buch „Remanufacturing“ (hier auf Japanisch) aus unserer Feder.



# Medizinmanagement für Gesundheits- ökonomen

Karl Jähn

*Der neue Lehrstuhl an der Rechts- und Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät hat ein reges erstes Jahr hinter sich. Dabei entwickelten sich in Forschung und Lehre nicht nur die klassischen humanmedizinischen Ausrichtungen. Dem interdisziplinären Ansatz der Fakultät sollen auch die neuen Impulse des Ärzteteams gerecht werden.*



Prof. Dr. med. Dr. phil. Eckhard Nagel, Lehrstuhl für Medizinmanagement und Gesundheitswissenschaft

Ökonomischen Aspekten soll im Gesundheitswesen von morgen immer mehr Rechnung getragen werden. Während sich die Mediziner neuen Anforderungen der Effizienz, der Qualitätssicherung und vor allem den Problemen der begrenzten Mittel stellen müssen, können die betriebswirtschaftlichen Konzepte der Gesundheitsökonomie nicht ohne ärztliche Mitsprache entwickelt werden.

Das dem Lehrstuhl für Medizinmanagement und Gesundheitswissenschaften zugehörige gleichnamige Institut wird mitgetragen von Professor Dr. Peter Oberender (Wirtschaftstheorie) und Professor Dr. Jörg Schlüchtermann (Produktionswirtschaft und Industriebetriebslehre). Die Vielseitigkeit der ersten Aktivitäten der beiden Einrichtungen spiegeln sich auch in dem persönlichen und beruflichen Hintergrund des Ordinarius und In-

stitutsdirektors Professor Eckhard Nagel wider.

Die Tätigkeiten sind vier Bereichen zugeordnet:

- Ethik und Theoriebildung in der Medizin
- Public Health, Sozialmedizin und Biostatistik
- Evaluation und Qualitätsmanagement in der Medizin sowie
- e-Health und Telemedizin.

Weitere Forschungs- und Arbeitsschwerpunkte bilden die mehrdimensionale Evaluation medizinischer Behandlungsverfahren, die Mitentwicklung neuer Behandlungskonzepte sowie avisierte Modellprojekte zur Effizienz von Praxis/Kliniknetzen.

Während das DFG-Projekt „Evaluationsforschung in der Medizin - Entwicklung eines Evaluationsprogramms am Beispiel chirurgischer Behandlungsverfahren“ vornehmlich ökonomischen Anforderungen gerecht wird, berücksichtigt der Lehrstuhl in Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl Professor Oberender bei dem DGF-Projekt „Not und Notwendigkeit als Grundlage der Allokation medizinischer Ressourcen in der Bundesrepublik Deutschland“ auch medizin-ethische, religiöse und philosophische Betrachtungsweisen in besonderer Weise.

Parallel wird die gegebene Praxisnähe genutzt für eine Kooperation mit dem Institut für Philosophie zur Stammzellforschung auf der Basis einer wissenschaftlichen philosophisch-medizinischen Reflexion und dem lehrstuhlübergreifenden Projekt „Gesundheitswissen Bayern“. Weiterhin stehen auf dem Programm die Implementierung und Evaluation einer elektronischen Gesundheitsakte und der „Telemedizin“ (mit der Universität Regensburg). Auch im Bereich der Postgraduiertenausbildung finden interdisziplinäre Planungen statt. Analog zu weiteren wissenschaftlichen Tätigkeiten sind auch die Lehrveranstaltungen des Lehrstuhls vielfältig ausgerichtet:

Während die drei Kurse zu dem Thema „Medizin für Ökonomen“ den Entscheidungsträgern von morgen ermöglichen soll, die Denkweise des praktizierenden Arztes nachvollziehen zu können, vermitteln „Public Health und Qualitätsmanagement“, „Epidemiologie und Biostatistik“ und „e-Health“ den Bezug zu aktuellen Fragestellungen am Rande der angewandten Medizin.

Die „Einführung in die Medizin für Ökonomen“ vermittelt Basiskenntnisse zur Anamneseerhebung und zu den klinischen Untersuchungs-

methoden, die in praktischen Übungen vertieft werden. Parallel beinhaltet die Vorlesung einen Abriss über die Geschichte der Medizin als Wissenschaft. Die Folgeveranstaltungen „Medizin für Ökonomen I und II“ sind konzeptionell dem „Problem-orientierten Lernen“ (POL) angelehnt: In Kleingruppendiskussion und im Selbststudium wird anhand von klinischen Fallbeispielen zu ausgewählten Krankheitsbildern das Spektrum aktueller diagnostischer und therapeutischer Maßnahmen bearbeitet und ein Grundverständnis für medizinische Versorgung und Entwicklung vermittelt.

In der Veranstaltung „Public Health und Qualitätsmanagement“ fusst auf dem Gesundheitsbegriff und behandelt die Gebiete und Aufgaben der Basiswissenschaften von Public Health. Aus epidemiologischer Sicht werden Fragen der demographischen Entwicklungen, dem Anteil der soziale Umwelt bei der Entstehung und der Behandlung bzw. der Verhütung von Krankheiten bzw. die Auswirkungen von Krankheiten auf die soziale Umwelt von Menschen gestellt. Im Rahmen der Gesundheitssystemforschung werden schließlich öffentliche und private Versorgungsleistungen analysiert und bewertet. Zudem wird der theoretische Hintergrund des Qualitätsmanagements erläutert und populäre Methoden desselben (Total Quality Management, Zertifizierung, Qualitätspreise) kritisch beleuchtet. Ferner erfolgt ein Ausblick auf spezifische Probleme des Qualitätsmanagements in der Medizin (Diagnose- und Therapiemanagement, Leitlinien, Evidence based medicine).

Die Veranstaltungen zu „e-Health“ befassen sich insbesondere mit dem tiefgreifenden Wandel beim Umgang mit medizinischem Wissen und dem Gesundheitsgut durch die neuen Informations- und Kommunikationsmöglichkeiten. Dabei lassen sich neben den zahlreichen

Aspekten der verwandten Telemedizin verschiedenste Chancen und Risiken für die Belange von Patienten, Ärzten, Institutionen des Gesundheitswesens oder medizinassoziierten Wirtschaftsbranchen diskutieren. Möglichkeiten und Grenzen von „e-Learning“, „Cybermedicine“, „Tele-Health“, „Health-related-e-Commerce“ oder den umstrittenen „Cyberdocs“ werden behandelt. Dabei soll der Patient - sei es als mündiger Partner in einer neuen „Arzt-Patient-Beziehung“, als Unternehmer in einer „Online-Selbsthilfe-Community“ oder als Konsumbereiter „Health-Seeker“ - stets im Auge behalten werden.

Die Veranstaltungen „Aktuelles aus der Medizin“, „Philosophie der Medizin“ oder „Medizin und Bioethik“ dienen dazu, auf das weite Umfeld der späteren Berufstätigkeit vorzubereiten.

Besondere Freude hat das Team des Lehrstuhls auch an Seminaren, z. B. zu Themen wie „Medizinische und sozioökonomische Aspekte von Tumorerkrankungen bzw. Infektionskrankheiten“, „Aktuelle Fragen der Gentechnologie“, „Medizinische und ökonomische Aspekte der Transplantationsmedizin“ und „e-Health“. Auf Wunsch werden Famulaturen für Gesundheitsökonominnen in klinischen Einrichtungen vermittelt. □

Der Allgemein- und Transplantationschirurg Prof. Dr. med. Dr. phil. Eckhard Nagel wurde nach seiner internationalen Ausbildung durch die mehrjährige Tätigkeit als persönlicher Referent von Prof. Dr. Rudolf Pichlmayr an der medizinischen Hochschule Hannover bereits früh mit interdisziplinären Fragestellungen konfrontiert:

Die Zeit der philosophischen Dissertation und der medizinischen Habilitation war von vielfältigen berufs- und gesellschaftspolitischen Fragestellungen im Rahmen seiner Mitwirkung in zahlreichen chirurgischen und ethischen Kommissionen und Fachgesellschaften begleitet.

Im Anschluß folgten u.a. die Wahl zum Vorsitzenden des Stiftungsrates der Rudolf-Pichlmayr-Stiftung und des Kuratoriums der Hanns-Lilje-Stiftung. In jüngerer Zeit wurde er zum stellvertretenden Vorsitzenden des Nationalen Ethikrates und zum Präsidenten des Deutschen Evangelischen Kirchentages berufen.

Den praktischen Bezug zur Medizin bewahrt er sich durch Betreuung von Patienten im Klinikum Augsburg.





# Ähnlichkeitssuche in strukturierten Dokumenten

Andreas Henrich

*Eine in der Angewandten Informatik häufig anzutreffende Problemstellung ist die Suche nach ähnlichen Objekten. Ausgehend von einem bereits bekannten Objekt oder von einem künstlich erzeugten Musterobjekt werden in einem großen Objektbestand ähnliche Objekte gesucht. Sind die verwalteten Objekte nun aus mehreren Teilobjekten zusammengesetzt, so ergeben sich neuartige Problemstellungen.*



Prof. Andreas Henrich, Lehrstuhl für Angewandte Informatik I

Zur Verwaltung großer Datenmengen haben sich Datenbanken - seien sie relational oder objektreational - bewährt. Wenn es an die Suche nach bestimmten Daten geht, unterstützen diese Datenbanken primär das so genannte Faktenretrieval. Dabei werden Bedingungen formuliert, die die Datensätze in der Ergebnismenge erfüllen müssen. So kann man zum Beispiel nach Informationen zu einem Produkt mit einer bestimmten Produktnummer oder nach Kunden, die in einem bestimmten Postleitzahlgebiet wohnen, sehr effizient suchen.

## Ähnlichkeitssuche

In immer mehr Anwendungsgebieten reicht aber das reine Faktenretrieval nicht mehr aus. Ein einfaches Beispiel hierfür ergibt sich, wenn wir mit einem gegebenen

Beispielbild in einer Bilddatenbank nach „ähnlichen“ Bildern suchen. Genauso können wir ausgehend von einem Textdokument in einem Textdatenbestand nach inhaltlich „ähnlichen“ Texten oder ausgehend von einem gegebenen Protein in einer Proteindatenbank nach „ähnlichen“ Proteinen suchen. Bei den verschiedenen Anwendungsbereichen, in denen derartige Ähnlichkeitssuchen auftreten, bleibt der zugrunde liegende Mechanismus immer gleich. Man muss sich zunächst zu den verwalteten Objekten - seien es Bilder, Texte oder Proteine - die charakteristischen Eigenschaften überlegen, die die Ähnlichkeit der Objekte untereinander bestimmen. Bei Bildern wird hierzu im Allgemeinen auf Farbverteilungen, Textureigenschaften und Umrissformen zurückgegriffen. Zahlenwerte, die diese Eigenschaften repräsentieren, werden zu einem oder zu mehreren Beschreibungsvektoren zusammengefasst.

So könnte ein Bild mit einem hohen Rotanteil, einem mittleren Grünanteil und einem geringen Blauanteil durch einen Vektor (0.7, 0.25, 0.05) repräsentiert werden. In

der Praxis setzt man allerdings Farbmodelle ein, die mehr Farben unterscheiden und an der menschlichen Farbwahrnehmung orientiert sind. In ähnlicher Weise können Textureigenschaften, die die Oberflächenstrukturen der im Bild dargestellten Gegenstände charakterisieren, und auch die Umrissformen der dargestellten Gegenstände in je einem Beschreibungsvektor erfasst werden.

Solche Beschreibungsvektoren müssen dann für alle Bilder in der Bilddatenbank verwaltet werden. Erhalten wir ein Musterbild, zu dem ähnliche Bilder gesucht werden, so berechnen wir auch zu diesem Musterbild seine Beschreibungsvektoren. Für die einzelnen Kriterien (Farb-, Textur- und Umrissformähnlichkeit) muss dann auf Basis der Beschreibungsvektoren ein Ähnlichkeitsmaß definiert werden. Hierzu kann z.B. der Euklidische Abstand oder das Kosinusmaß verwendet werden. Für jedes Kriterium erhalten wir damit Ähnlichkeitswerte, nach denen wir die Bilder sortieren können. Bei drei Kriterien bleibt noch die Aufgabe aus den drei Rangordnungen, die sich für die einzelnen Kriterien ergeben, eine Gesamtrangordnung zu ermitteln. Dieser Ablauf wird in der nebenstehenden Abbildung verdeutlicht.

Eine wichtige Aufgabenstellung für die Informatik ist, effiziente Strukturen für die Verwaltung der Beschreibungsvektoren zu entwickeln. Auch die effiziente Erstellung einer Gesamtrangordnung aus den Rangordnungen für die

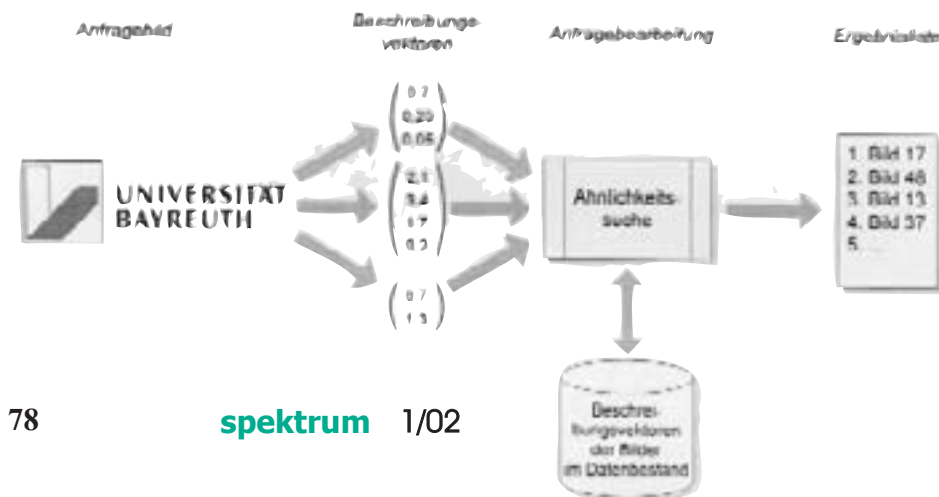


Abb. 1: schematischer Ablauf einer Ähnlichkeitsanfrage auf Bildern

Teilkriterien ist ein aktuelles Forschungsgebiet der Informatik.

### Strukturierte Dokumente

Schon an Bildern lässt sich leicht erkennen, dass eine monolithische Ähnlichkeitsbetrachtung nicht immer angemessen ist. So könnte man z.B. eine Suche nach Bildern, die das Logo der Universität Bayreuth enthalten, auf der Basis globaler - also auf das ganze Bild bezogener - Farbverteilungen und Texturinformationen nicht sinnvoll bearbeiten. Zur Bearbeitung einer solchen Anfrage muss man ein Bild als Dokument betrachten, das sich aus einzelnen Bildsegmenten zusammensetzt. Dazu existieren effiziente Verfahren, die ein Bild automatisch in Segmente zerlegen. Man kann dann die Bilder suchen, die ein Segment enthalten, das „ähnlich“ zu dem vorgegebenen Logo ist.

Wichtig ist hier die Beobachtung, dass das Ähnlichkeitskriterium jetzt nicht mehr für die gesuchten Objekte selbst - also nicht mehr für die Bilder - sondern für Komponenten dieser Objekte - nämlich deren Segmente - definiert ist. Im obigen Beispiel können wir dabei definieren, dass die maximale Ähnlichkeit eines Segmentes zu dem gegebenen Logo die „Wichtigkeit“ eines Bildes im Hinblick auf die Anfrage bestimmt. In einem anderen Zusammenhang könnte aber der Mittelwert oder der gewichtete Mittelwert der Ähnlichkeiten aller Segmente oder Teilobjekte die Wichtigkeit eines Bildes oder Objektes im Hinblick auf die Anfrage bestimmen.

### Ein System zur Ähnlichkeitssuche

Um ein komplexeres Beispiel für eine Anfrage auf strukturierten Dokumenten beschreiben zu können, müssen wir zunächst schematisch den Aufbau strukturierter Dokumente verdeutlichen. Hierzu gehen wir von Artikeln in Fachzeitschriften aus. Diese Artikel bestehen aus

mehreren Kapiteln. Die Kapitel können wiederum aus Unterkapiteln und Abschnitten bestehen und außerdem Bilder enthalten. Nun könnten wir in einem Bestand von Artikeln ein Bild suchen, das ein bestimmtes Logo enthält und in dessen textueller Umgebung (also z.B. im gleichen Abschnitt) zusätzlich ein bestimmtes Thema behandelt wird. Zur Bearbeitung derartiger Anfragen sind relationale Datenbanken kaum geeignet. Am Lehrstuhl für Angewandte Informatik I wird daher ein System entwickelt, das für die Bearbeitung ähnlichkeitsbasierter Anfragen auf strukturierten Dokumenten optimiert ist.

Dieses System arbeitet vereinfacht ausgedrückt mit vier Grundbausteinen. Zunächst werden sogenannte *Ranker* eingesetzt, die z.B. für einen gegebenen Mustervektor aus einem Datenbestand von Beschreibungsvektoren die Elemente sukzessive in der Reihenfolge fallender Ähnlichkeit liefern. Ein solcher *Ranker* kann z.B. auf den Farbvektoren von Bildsegmenten eingesetzt werden. Er liefert dann zu einem gegebenen Muster nacheinander die ähnlichsten Segmente und zwar beginnend mit dem Ähnlichsten. Ein *Ranker* erzeugt damit einen sortierten Strom von Objekten.

Eine weitere Komponente bilden die *Combiner*. Ein *Combiner* erhält mehrere Eingabeströme und kombiniert diese zu einem Ausgabestrom. Im Falle der Bildsuche können die Eingabeströme z.B. die Bildsegmente sortiert nach Farb-, Textur- und Umrissformähnlichkeit liefern. Aus diesen drei Eingabeströmen wird der Ausgabestrom erzeugt, der die Kriterien der Eingabeströme ggf. gewichtet zu einem Gesamtkriterium verbindet.

Um nun z.B. eine Rangordnung, die für Bildsegmente gewonnen wurde, auf die Bilder selbst zu übertragen, werden sogenannte *Transferer* benötigt. Ein *Transferer* kann z.B. einen Strom mit Bildseg-

Der Autor ist seit dem 19. Oktober Inhaber des neuen Lehrstuhls Angewandte Informatik I (Softwaretechnik und Informationssysteme). Der gebürtige Siegener (Jahrgang 1963) studierte an der TH Darmstadt Wirtschaftsinformatik, war später wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Fernuniversität Hagen im Bereich Datenbanken und Software Engineering und promovierte 1990 mit der Arbeit „Der LSD-Baum: eine mehrdimensionale Zugriffsstruktur und ihre Einsatzmöglichkeiten in Datenbanksystemen.“ Danach arbeitete Professor Henrich als Systemanalytiker bei der Deutschen Bank und ging zum Wintersemester 1993/94 als wissenschaftlicher Assistent an die Universität/Gesamthochschule Siegen. 1997 habilitiert er sich mit einer Schrift „Retrieval Dienste für Software-Entwicklungsumgebungen“ und erhielt anschließend Rufe für Softwaretechnologie an die Universität der Bundeswehr München und für Praktische Informatik an die Universität Bamberg, wo er seit 1998 als Professor tätig war. In der Forschung arbeitet Professor Henrich im Bereich der mehrdimensionalen Zugriffsstrukturen sowie des Information Retrieval und des Software Engineering.

menten erhalten und hieraus einen Strom mit den zugehörigen Bildern erzeugen, wobei die Rangfolge der Bilder sich wahlweise aus der maximalen Ähnlichkeit eines enthaltenen Segmentes oder aus der mittleren Ähnlichkeit aller enthaltenen Segmente ergeben kann.

Schließlich werden noch *Filter* benötigt, die aus einem Strom von Objekten Objekte, die gewisse Anforderungen nicht erfüllen, entfernt. So könnten aus einem Strom von Bildern z.B. zu kleine Bilder aussortiert werden. Die Kombination der vier skizzierten Grundbausteine erlaubt die effiziente Bearbeitung komplexer Ähnlichkeitssuchen auf strukturierten Daten. Da das System verschiedene Ähnlichkeitsmaße ebenso unterstützt wie verschiedene Kombinations- und Übertragungssemantiken, ist es flexibel in verschiedenen Anwendungsfeldern einsetzbar.

Das System wird als Zusatz für die objektrelationale Datenbank Oracle entwickelt, um die für reine Faktenanfragen bewährte Funktionalität einer solchen Datenbank weiter nutzen zu können. □

